الإنشاء والإنهيار



- دراسة الموقع
- الأساسات السطحية والعميقة
- الحوائط الساندة
- تصدّع المبانى وعلاجها

تأليف: المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقرى

الطبعة الأولى ١٩٩٤

الإنشــاء والإنهيار

في

- دراســة الموقــع
- الأساسات السطحية والعميقة
- الحــوائط الســاندة
- تصدع المباني وعلاجها

تــأليــف

المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقري

الطبعة الأولى ١٩٩٤


بسم الله الرحمن الرحيم

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمة عامة

أخى الزميل القارىء سبق وأن قدمت مجهودى المتواضع وهو الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة وإنشاء المبانى والمرافق العامة فى خمس طبعات فى غضون ١٩٨٠ حتى ١٩٩٤ ، وكذلك المنشأة المعمارية للتصميمات الإنشائية ، والكميات والمواصفات ودراسة العطاءات الطبعة الأولى سنة ١٩٨٩ ، وذلك مصداقاً لقول الله تعالى : ﴿ **رب زدنى علماً** ﴾ ، والإنسان مهما كبر فهو فى حاجة ماسة لأن يتعلم ، كما نصت جميع الأديان السماوية على الاستزادة من العلم ، لأنه بدونه قد يكون خسر كثيراً ، وعلى الكاتب أن يتأنى ويدقق فى كتاباته ، أى أنه من الواجب علينا أن ندع الغرور جانباً ونستفيد من خبرات من سبقونا ، بصرف النظر عن جنسيتهم وأوطانهم ودينهم ، وأن نزيد عليها من مجهودنا وتفكيرنا ، والكل يسير والعقول توافينا كل يوم بجديد ، وهذا من أعظم العبر وهو دليل على استيلاء النقص على جملة البشر ولا بد للإنسان أن يعطى فكراً جديداً مهما كان حجمه صغيراً أو كبيراً . إذ إن من يقف ولا يسير يُكتب عليه الفشل والتخلف ولا يصح أن يعتبر من الأحياء الناضجين ، فنظرية البقاء للأصلح وهو دستور الصالحين الخالدين الذين ورثونا جهودهم وعصارة عقولهم لنزيد عليها ونورثها بعدنا من يستحق الأمانة .

أخى القارىء وفقنى الله تعالى أن أكتب فى أربعة فروع فى الهندسة أربعة أجزاء منفصلة ؛ وهى دراسة الموقع ، وتصميم الأساسات غير النمطية ، وتصميم الحوائط الساندة ، وأسباب تصدع المنشآت الخرسانية والمبانى بالطوب وطريقة إصلاحها . هذه الفروع الأربعة جمعوا فى كتاب واحد وسمى (الإنشاء والإنهيار) وسأعطى نبذة فى هذه المقدمة عن كل جزء من الأجزاء .

الجزء الأول : دراسة الموقع :

يشمل هذا الجزء على أربعة أبواب : الباب الأول يبحث فى عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل التقرير والجسة ، والباب الثانى يبحث فى أنواع خواص التربة والصخور ، والباب الثالث يبحث الدراسات والتجارب والجسات بالموقع ، والباب الرابع يبحث فى اختبارات بالموقع وأنواعها .

الجزء الثانى : الأساسات السطحية والعميقة :

يشمل هذا الجزء على أربعة أبواب وهى : الباب الأول ويشمل اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات ، الباب الثانى التأسيس على الصخور ، الباب الثالث ويشمل الأساسات السطحية الغير نمطية ، وهى نماذج محلولة لأربعة عشر نموذجاً ، والباب الرابع الأساسات العميقة ، ويبحث فى جميع أنواع الخوازيق وطريقة التصميم .

الجزء الثالث : الحوائط الساندة :

ويشمل ثلاثة أبواب : الباب الأول : استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء، والباب الثانى يبحث تصميم الحوائط الساندة من الطوب ، والباب الثالث يشمل تصميم الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة .

الجزء الرابع : أسباب تصدع المنشآت الخرسانية ومبانى الطوب وطريقة إصلاحها :

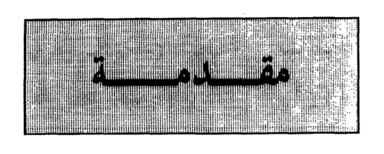
ويشمل على سبعة أبواب - الباب الأول : المواد والتصميم والتنفيذ - الباب الثانى : الشروخ فى المبانى - الباب الثالث : اختبارات الخرسانة - الباب الرابع : مواد الأضافة وخرسانة الترميم واللصق - الباب الخامس : الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الإنشائية والغير إنشائية - الباب السادس : آثار الرطوبة والطبقات العازلة للحرارة والرطوبة وتخفيض مياه الرشح - الباب السابع : أعمال المبانى والزلزال والأحمال .

والله الموفق والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته

مهندس / **عبد اللطيف البقرى**

الجـزء الأول

دراسـة الموقـع





القصد من دراسة الموقع هو تعريف بالطرق المختلفة لطبيعة الأرض وترتيب الطبقات التحتية للتربة ، وكذلك الاختبارات الحقلية التى عادة ما تصاحب عمليات دراسة الموقع ، وما هى شروط هذه الدراسة للموقع وتحديد خواص التربة واختباراتها كما نص عليه الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ، وقد أفردت هذه الدراسة فى أربعة أبواب وهى :

الباب الأول : الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف والطرق المبسطة لأخذ عينات التربة ؛ وهى الحفر ، وقضبان الدق والتثقيب بالبريمة أو نافورة المياة أو التثقيب الدورانى – وتقرير فنى عن أبحاث التربة والأساسات لعملية إنشاء عمارة سكنية .

الباب الثانى : أنواع خواص التربة والصخور ويبحث فى أنواع الصخور بجميع أنواعها وجميع أنواع التربة وتركيباتها ، وكذا أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية .

الباب الثالث : الدراسات والتجارب بالموقع وطرق عمل الجسات وأنواع الجسات الميكانيكية وما هى متطلبات عدد الجسات بالموقع .

الباب الرابع : الاختبارات بالموقع وأنواعها بالطرق الآتية :

اختبار الاختراق القياسى – اختبار الدق – تجربة الاختراق بالمخروط ويشمل المخروط الإستاتيكى والديناميكى ومخروط الاختراق الإحتكاكى ومخروط الاختراق الكهربائى – طريقة مقياس الضغط للتربة ويشمل المقياس الاعتيادى ومقياس ضغط التربة ذاتى الحفر ، اختبار تحميل التربة (لوح التحميل) وإجراء الاختبارات للحصول على معامل رد فعل طبقة الأساس (لتصميم الأساسات والطرق والمطارات وحساب نتائج اختبار معامل رد فعل طبقة الأساس) .

والله الموفق .. المؤلف

مهندس/ **عبد اللطيف أبو العطا البقرى**



عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل التقرير والجسه

الفصل الأول

عناصر الاستكشاف وأخذ عينات التربة

مقدمـــة :

منذ فترة طويلة ليست ببعيدة كانت عملية إجراء اختبارات التربة وعمل جسات ودراسة الموقع واختبارات حقلية ومعملية كانت مقصورة على المشروعات الكبرى والهامة وغالباً ما تكون المشروعات التى تقوم بها الدولة مثل الخزانات والسدود والكبارى والطرق والمصانع وما شابه ذلك أما المبانى السكنية الخاصة ذات الارتفاع المتوسط أو المنخفض فكان يعتمد فى المقام الأول على خبرة المهندس الذى يتولى مهمة التصميم وعلى المعلومات التى يحصل عليها ممن سبقوه بالبناء فى المنطقة دون عمل جسات أو دراسات جيوتقنية الأمر الذى أدى إلى تصدعات وانهيارات فى بعض هذه المبانى ولما كانت الاختبارات لازمة لجميع المبانى الدور الواحد لأن المبنى الدور الواحد لا يتحمل فرق الهبوط **Unequal Settlement** بخلاف المبنى الثقيل ، فتأثره بهبوط المبانى يكون أقل ، ويكون هذا الهبوط ناتجاً من عدم وجود فواصل ، وعدم انتظام التربة وعدم انتظام الحمل ، ولذلك يجب عمل أبحاث ودراسة للتربة تكون كافية فى الموقع ، وعند اختلاف المناسيب فى موقع واحد يجب عمل الدراسة لكل منسوب على حدة ولذلك وجب من الأهمية عمل الدراسة للموقع سواء أكان المبنى كبيراً أم صغيراً وعليه لا يقتصر على فحص بصرى لعينات تؤخذ من خنادق مكشوفة بالموقع ولا بد من عمل جسات بريمية **Auger boring** وذلك فى حالة المنشآت الصغيرة وتكون التربة معروفة الخواص أو السابق التأسيس عليها وعلى الجانب الآخر لاستكشاف الموقع يشمل عمل جسات عميقة **Deep boring** مع دراسة مستفيضة وعمل الاختبارات اللازمة معملياً ومفصلة تفصيلاً دقيقاً وذلك للمنشآت الخاصة والمنشآت الثقيلة لأعمال الحفر العميق .

الدراسة المطلوبة لعناصر الاستكشاف :

(١) منسوب المياه الجوفية وتحليل نوعية هذه المياه .

(٢) بيانات كافية عن تقدير الهبوط .

(٣) ما نوع الأساس الذى سينشأ عليه المبنى سطحى حيث يصلح القواعد المنفصلة أو القواعد المشتركة أو الأساسات العميقة .

(٤) البيانات الكافية لتمكين مهندس ميكانيكا التربة من تحديد قدرة تحمل التربة أو وحدة الأساس .

(٥) تحديد مشاكل التلوث والتأثير على البيئة المحيطة وأقرب مثال لتلوث البيئة هو منطقة المعصرة التى تغطيها غبار الأسمنت الناتج من مصانع الأسمنت بطره .

(٦) بيانات عن ما تم للمبانى المجاورة من هبوط أو تشرخ أو خلافه .

(٧) بيانات عن طريقة الحفر والردم وما هى الطريقة التى تصلح لسند التربة وأرخصها هل هذه الحوائط من الطوب أو من الخرسانة العادية أو من الخرسانة المسلحة .

(٨) طريقة نزح المياه الجوفية هل هى **well point system** أو خلافه .

(٩) هل كان هناك مبانى سابقة بهذا الموقع وما نوعها وهل سيتم التأسيس على الأساسات القديمة أم ستزال .

(١٠) السمات الطبوغرافية المميزة للموقع ويتم معرفة هذه المعلومات من الخرائط المساحية والصور الجوية .

(١١) السمات الجيولوجية العامة للموقع وأنواع الصخور والترسيبات السطحية تتوفر هذه المعلومات من هيئة المساحة الطبوغرافية وهيئة المساحة الجيولوجية والمشروعات التعدينية والمساحة العسكرية وشركات التنقيب عن البترول .

(١٢) البيئة الأساسية واحتمالات امتدادها (الطرق – المواصلات – مياه الصرف – الكهرباء وخلافه) .

(١٣) النشاط الزلزالى للمنطقة . .

(١٤) المعلومات الهيدرولجية : وتشمل دراسة خزانات المياه الجوفية وحركة المياه ، ونفاذية الوحدات الصخرية الحاملة للمياه ، تحليل المياه الجوفية والتركيب الكيميائى لها ، ودراسة حول الآبار والسيول وعلاقتها بالخزان الجوفى .

(١٥) الخرائط التركيبية ومصدر هذه الخرائط من هيئة

المساحة الجيولوجية ومن هذه الخرائط ممكن تحديد الأثر الهندسي للتركيب الجيولوجي .

(١٦) المعلومات الجيومورفولوجية ويمكن الحصول على هذه المعلومات من الخرائط الجغرافية المتاحة ومن الدراسات الطبوغرافية والجيولوجية والصور الجوية حيث توضح الوديان – وممرات السيول ، السمات الرئيسية للترسيبات السطحية ، أماكن الانهيارات الأرضية والمنحدرات الصخرية .

الجيولوجيا تحت السطحية أو تتابع طبقات التربة :

(١) يتم تحديد التتابع الصخرى والليثولوجى تحت سطح الموقع وبعمق ملائم ، وإنتاج القطاعات الجيولوجية تحت السطحية . وذلك من واقع الخرائط الجيولوجية تحت السطحية والتقارير الجيولوجية الصادرة من الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية والجامعات وشركات البترول والتعدين أو من واقع أعمال الحفر التى تمت بالموقع .

(٢) يستخدم أسلوب التثقيب فى الحصول على العينات الممثلة للقطاع الجيولوجى تحت السطحى ، ثم يتم دراسة هذه العينات لتحديد التركيب المعدنى للصخور والترسيبات الصخرية وسماتها الطبيعية والميكانيكية وكذلك يتم توقيع أماكن التثقيب وأعماقها على الخريطة الطبوغرافية أو الجيولوجية السطحية المتاحة لإنتاج القطاعات الجيولوجية تحت السطحية للموقع .

طرق مبسطة لأخذ عينات التربة

هناك وسائل كثيرة ومختلفة لأخذ عينات التربة لاختبارها وهذه الوسائل تختلف بعمق وطبيعة الطبقات وطبيعة العمل وهذه الطرق مبسطة وتنحصر فى الآتى :

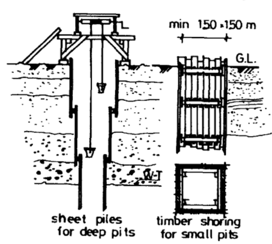
(أ) الحفرة

فى حالة الأبنية ذات الأهمية بالدرجة الثانية يكتفى بالحفر فى مكانين أو ثلاثة ويكونوا مختلفين فى الموقع بحيث هذه الأمكنة تعطى جميع البيانات المطلوبة .

وتتميز الحفر المفتوحة بأن يسمح لفحص طبقات التربة بدقة فى كل من الاتجاهين الأفقى والرأسى كما أنه يسمح بكشف مناطق عدم الاتصال والفواصل بين طبقات التربة وباستخدام طريقة الحفر هذه يمكن الحصول على عينات بحالتها الطبيعية من الأماكن أو الأعماق المرغوب فيها بسهولة وبالمقارنة بطرق الحفر الأخرى فإن الحفر المفتوح لا يؤدى إلى اهتزازات كما هو الحال فى حالة التثقيب الميكانيكى الذى يتسبب فى قلقلة التربة المجاورة لعمليات التثقيب . وفى حالة التربة المتماسكة التى يمكن القيام بعمليات الحفر فيها بدون الحاجة إلى سند الجوانب فإن العمق المناسب للحفر يكون فى حدود ٥,٠ متر وإذا زاد عمق الحفرة عن ذلك فيجب أخذ الاحتياطات اللازمة لتقوية جوانب الحفر لمنعها من الانهيار وإذا كان عمق الحفر كبيراً فإنه يجب أن يتم سند الجوانب بأى من الطرق المناسبة المستخدمة عادة لهذا الغرض .

والرسومات التالية تبين سند الحفر بطريقة الستائر المعدنية للحفر العميقة sheat piles for deap pits وهذا فى حالة ما يكون هناك مياه ، إما رفعها بالطريقة اليدوية أو بطلمبة ماصة كابسة والطريقة الثانية عندما يكون الحفر غير عميق فيسند بستائر خشبية timber shoring for small pits كما فى الرسم التالى :

الجسة بطريقة الحفر بالستائر الخشبية أو الحديدية



(ب) قضبان الدق

تعتبر هذه الطريقة أرخص الطرق لاختبار التربة حتى ١٢ متر تحت سطح الأرض . وهى قضيب من الصلب أو ماسورة ذات قطر ٣سم ذات نهاية مدببة ولها جيب من الخارج ويدق بواسطة مطرقة ثقلها من ٥ – ٦ كجم وترفع بواسطة رافعة أو قمطة (Clamp) للأعماق الكبيرة ويضاف وصلات من القضيب أو الماسورة بواسطة جلبة قلاووظ عند ما يراد زيادة عدد الوصلات . يستخرج بواسطتها عينات صغيرة من التربة عند الأعماق المختلفة وتحدد أيضاً منسوب المياه الجوفية ويمكن تحديد بخبرة قليلة يستطيع المرء أن يفرق بين التربة الرملية من التربة الطينية عن طريق الصوت الذى يخرج عند لف القضيب (Twisted) ، والصعوبة فى الدق تعطى مؤشراً لقوة الضغط على جهد التربة والشكلان التاليان أحدهما يبين تجربة الماسورة والثانى تجربة القضيب .

الجسات بواسطة القضيب أو المواسير

hammer 5 to 6 kes
clamp
wooden platform for long rods
test rod
wooden stande
3cm
soft soil
hard soil

TEST PIPE TEST ROD

(جـ) التثقيب

يؤخذ ثلاث طرق مختلفة للتثقيب ويستعمل الآتى :

(١) التثقيب بالبريمة أو الحفرة .

(٢) التثقيب بالمضخه المائيه (طريقة النافورة)

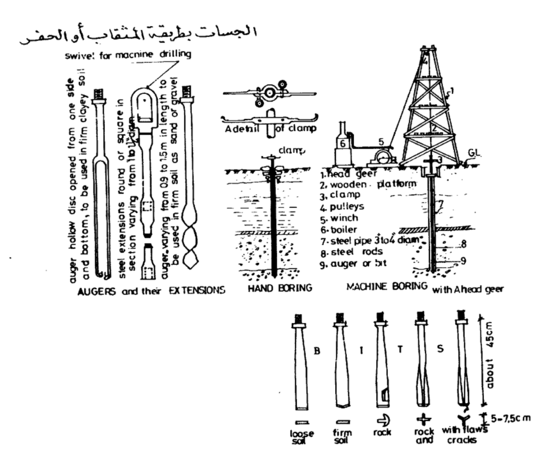
(٣) التثقيب الدورانى .

ونظراً لطبيعة التربة تحتاج إلى طريقة أو أكثر من هذه الطرق وسيتم شرح كل طريقة على حدة .

التثقيب بالبريمة أو الحفرة :

المثاقب والخرامات الصلبة تختلف فى النوع حسب درجة تماسك التربة – الحفر داخل التربة بالماكينة أو باليد تعتمد على العمق وطبيعة التربة . ويمكن عمل الجسات عن طريق التثقيب بالبريمة واستعمال القايسون حيث يتم فى معظم الأحوال استعمال التشغيل اليدوى أو الميكانيكى من إخراج التربة على فترات متفرقة ومن المهم أن يتم الحفر على مراحل بحيث يتراوح عمق الحفر فى كل مرحلة من ١ إلى ١,٥ متر ثم ترفع البريمة للتعرف على طبقات التربة المختلفة وارتفاع كل طبقة ويجب مراعاة أن التربة التى تحصل عليها بهذه الطريقة تكون مزيجاً من المواد التى تم اختراقها فى كل مرحلة وبالتالى فالعينات ليست بحالتها الطبيعية ولكن هذه العينات ممكن استخدامها فى حساب القيمة المتوسطة لنسبة الرطوبة الطبيعية والتدرج الحبيبى وحدود أتربرج .

ويمكن فى حالة عمل الجسات بالبريمة الحصول على عينات بحالتها المقلقلة وذلك عن طريق التقدم فى الحفر حتى يظهر التغير فى نوع التربة – ثم يتم تنظيف الثقب ونزع الأجهزة المستخدمة فى الحفر – بعد ذلك يتم أخذ العينة بحالتها الغير مقلقلة الطبيعية من أسفل الحفرة بالأجهزة الخاصة المناسبة لهذا النوع من التربة والرسومات التالية تبين الطرق المستعملة ذات الطبيعة القديمة فى مصر من machine boring , Hand boring.



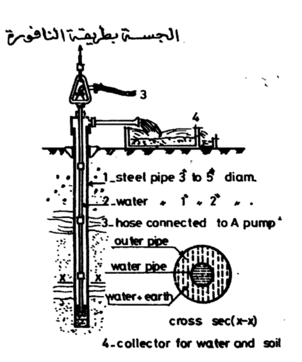
التثقيب بالمضخة المائية (طريقة النافورة) :

هذه الطريقة رخيصة التكلفة وتستعمل فى التربة الغير متماسكة مثل الطين والطمى أو الرمل الناعم وتستعمل فى الأعماق التى تصل إلى ٣٥ متر تحت سطح الأرض .

وهى عبارة عن ماسورة من الصلب بقطر من ١ إلى ٣ بوصة موصلة بأحد أطرافها بمضخة تعمل باليد أو بالماكينة لدفع المياه من الخارج داخل ماسورة خارجية من الصلب بقطر من ٣ إلى ٥ بوصة وهذه الماسورة الخارجية معدة من طرفها العلوى لسحب المياه الداخلة من الماسورة الداخلية تحت ضغط عالى لرفع هذه المياه وفى هذه الحالة الطين الذى تفتت وذاب داخل الماسورة بفعل المياه المضغوطة عن طريق الماسورة الداخلية سيندفع فى الفراغ بين الماسورة الداخلية والخارجية بقوة إلى أعلى وتجمع هذه المياه المحملة بالطين فى collector for water and soil علماً بأن الماسورة الخارجية تدق بالبريمة أو بمطرقة كبيرة لها دليل يدخل داخل الماسورة وتعتمد قدرة المضخة على درجة تماسك التربة وتدرج حبيباتها - ويجب أن يكون قطر الماسورة الداخلية كل ١ بوصه يقابله فى الماسورة الخارجية قطر ٣ بوصة لتسهيل اندفاع المياه المحملة بالتربة إلى أعلى .

والمثاقيب والخرامات تساعد فى تدمير وإبعاد أى شوائب تعوق حركة دخول المياه وخروجها .

ويمكن أخذ العينات عند الأعماق المختلفة من حوض تجميع الطين والأفضل أن تؤخذ العينة عن طريق الطلمبة الماصة والرسم التالى يبين هذه الطريقة .

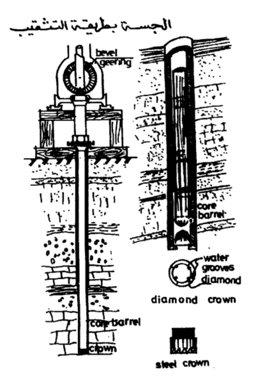


التثقيب الدورانى :

التثقيب الدورانى باستعمال قواطيع أسطوانية مجوفة ذات حافة من الماس أو الصلب وهذه الطريقة أفضل الطرق وتستخدم فى الصخر الصلب أو تستخدم بكثرة فى حالات التربة القابلة للانتفاخ المتصلدة .

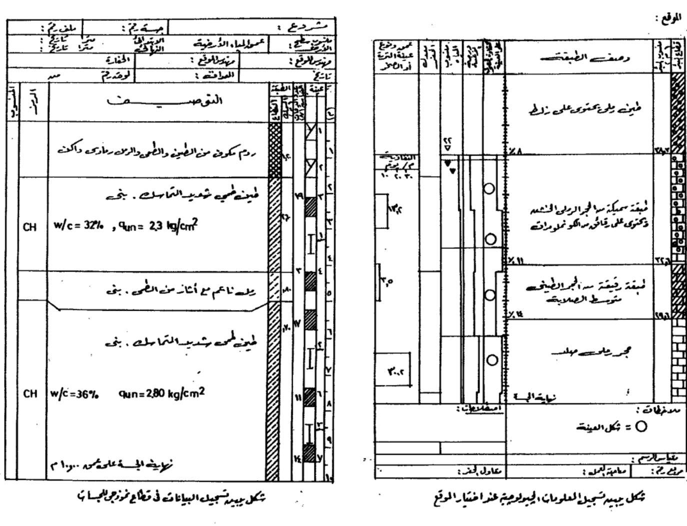
يجب أن يتم عمل الجسات بالتثقيب الدورانى باستخدام قواطع أسطوانية مجوفة ذات سرعات دوران عالية ويمكن أن يكون القاطع من الصلب أو الماس فى نهاية الماسورة الصلب (core barrel) أو يتم عمل ثقب أسطوانى بالمقاطع دون (core barrel) ثم يتم إدخال جهاز لأخذ عينة من داخل هذا الثقب الأسطوانى وفى هذه الطريقة يجب الأخذ فى الاعتبار أنه من المحتمل أن نسبة الرطوبة الطبيعية لعينة التربة تزيد نتيجة استخدام سوائل فى عملية التثقيب ولذلك فإن هذه العينة لا تستخدم فى القياسات المباشرة لخصائص الانتفاخ وهذه الطريقة تسمى : التثقيب بالتخريم .

وهناك طريقة أخرى وهى التثقيب بالحفر المفتوح وتستخدم للحفر فى التربة القابلة للانتفاخ والصخرية الضعيفة حيث يتم الحفر عن طريق جزء قاطع يقوم بتثقيب التربة داخل القطر المحدد للحفرة ويفضل استخدام هذه الطريقة فى حالة التربة القابلة للانتفاخ حيث إنه يمكن استخدام الهواء أثناء عملية الحفر لإزالة الأتربة المتعلقة بدلاً من استخدام الماء كما هو الحال فى - الطريقة السابقة . والرسم التالى يبين طريقة لـ core barrel المربوطة بالقلاووظ أسفل الماسورة الصلب حيث يمكن تجميع العينات المختلفة بواسطته .



تسجيل النتائج

عند الانتهاء من أخذ العينات بإحدى الطرق السابق ذكرها يتم تسجيل النتائج سواء منها نتائج الحفر أو من نتائج الحفر وبعض النتائج المعملية طبقاً للأسلوب الموضح بالنماذج الآتية .



شكل يبين تسجيل المعلومات الجيولوجية عند اختبار الموقع

شكل يبين تسجيل البيانات في قطاع نموذجي للجسات

- عينة غير مقلقلة
- عينة من اختبار الملعقة (SPT)
- لب
- عينة مقلقلة
- رمل
- طمي
- طين
- طين طمي أو طمي طيني
- رمل طمي
- رمل زلطي
- رمل مع حبوب (تداخلات) من طين طمي
- رمل مع حبوب من الرمل الطمي
- زلط رملي
- رمل طيني
- زلط
- قطع من الحجر الجيري
- حجر جيري
- ردم
- مارل (طين جيري)
- طين طمي مع رمل
- طمي رملي
- طين رملي
- رمل مع قطع من الحجر الجيري
- طين طمي مع قطع من الحجر الجيري
- حجر رملي

شكل يبين توضيح أنواع التهشير في قطاع الجسات

الفصل الثانى

طريقة توصيف الجسة والتقرير

وبعد شرح ما سبق كان الواجب أن نلقى الضوء على عمل جستين فى قطعة أرض مساحتها ٥٩٣م٢ كما هو مبين بالرسم رقم (١) التالى وتبين طريقة عمل التقرير بطريقة مبسطة ووافية للغرض وتتلخص هذه الطريقة فى عمل التقرير الفنى التالى وما تم من هذا التقرير فى كل صفحة على حدة .

شكل يبين مواقع الجسات

شكل (١)

غلاف التقرير

تقرير فنى عن أبحاث التربة والأساسات

لعملية إنشاء عمارة سكنية

ملك الأستاذ /

صادرة من مكتب المهندس /

بالعنوان :

الصفحة الأولى

المحتويات :

(١) المقدمة :

(٢) الاستكشاف وأبحاث التربة .

(٣) طبيعة التربة .

(٤) التجارب المعملية والحقلية .

(٥) التوصيات والاقتراحات .

المرفقات :

- تعريف المصطلحات .
- قطاعات الجسات .
- منحنيات التدرج الحبيبى .
- منحنيات القوام .

الصفحة الثانية

(١) المقدمـــة

هذا التقرير مقدم بناء على طلب الأستاذ / .... وذلك بغرض إنشاء عمارة سكنية بشارع :

....

والغرض من هذه الدراسة هو دراسة خواص التربة الطبيعية والميكانيكية بالموقع المراد إنشاء المبنى به حيث تم استخدام الطريقة اليدوية فى الحفر .

وقد اشتملت الدراسة على تنفيذ عدد (٢) جسة وكانت الجسة بعمق ١٥,٠٠ متر وذلك من سطح الأرض الطبيعية .

وقد تم إجراء التجارب الحقلية أثناء عملية أخذ العينات من الجستين حيث تم استخراج عينات مقلقلة وغير مقلقلة من بئر الجس وذلك لإجراء الاختبارات اللازمة عليهما . كما تم فحص العينات وأجريت عليها التجارب المعملية لتحديد خواصها الطبيعية والميكانيكية ، وقد وجد أن الجستان متطابقتان تماماً ولذلك أدمجتا فى التقرير وأصبحتا كأنهما جسة واحدة .

وأعطيت التوصيات الخاصة بنوع الأساس وعمق التأسيس والإجهاد الآمن ، وكذلك الشروط والمواصفات الفنية التى يجب اتباعها أثناء التنفيذ .

الصفحة الثالثة

(٢) الاستكشاف وأبحاث التربة :

تم استطلاع واستكشاف المنطقة التى يراد إنشاء المبنى بها وبناء عليه تم اختيار مواقع الجسات وذلك لاستخراج العينات اللازمة لإجراء الفحص والاختبار عليها .

حيث تم استخدام المعدات اليدوية والقاسون قطر ١٥٠ ملليمتر وبلغ عمق الحفر بالجسة ١٥,٠٠ متر وذلك من سطح الأرض الطبيعية .

وتم رصد منسوب المياه الجوفية الابتدائى والنهائى من سطح الأرض الطبيعية .

(٣) طبيعة التربة :

أجرى الفحص الحقلى والمعملى على العينات المستخرجة من ناتج الحفر بالجسة وعلى ذلك صنفت التربة إلى طبقات كما يتضح من قطاع الجستين اللتين أدمجتا فى جسة واحدة وأصبح التقرير كأنه جسة واحدة المبين بالشكل رقم (٢) .

(٢) حيث تبين من هذا القطاع أن التربة بالموقع تتكون من الآتى :

الصفحة الرابعة

الجسة :

(١) من سطح الأرض الطبيعية حتى عمق ١,٣٠ متر ردم (طمى طينى مع أثار كسر حجر) .

(٢) من عمق ١,٣٠ متر حتى عمق ٢,٤٠ متر طمى مع أثار طين (ضعيف) .

(٣) من عمق ٢,٤٠ متر حتى عمق ٣,٥٠ متر طمى طينى (ضعيف) .

(٤) من عمق ٣,٥٠ متر حتى عمق ١٠,٦٠ متر طين شديد التماسك مع أثار طمى .

(٥) من عمق ١٠,٦٠ متر حتى عمق ١١,٥٠ متر طين طمى مع بعض الرمل الحرش .

(٦) من عمق ١١,٥٠ متر حتى عمق ١٥,٠٠ متر رمل حرش مع أثار زلط ناعم وطمى وطين .

الصفحة الخامسة

(٤) التجارب المعملية والحقلية :

أولاً : التجارب المعملية :

(أ) التدرج الحبيبى :

بناء على الفحص النظرى للعينات المستخرجة من الجسات فقد تم اختيار عينات ممثلة لإجراء اختبار التدرج الحبيبى عليها وذلك باستخدام المناخل القياسية كما هو موضح بالشكل رقم [٣] والذى يبين منحنى التدرج الحبيبى لهذه العينات .

كما استخدمت النتائج التدرج الحبيبى فى ضبط دقة تصنيف طبقات التربة والمبنى على الفحص النظرى للعينات .

(ب) تعيين حدود القوام :

تم إجراء اختبارات تعيين حدود القوام (حدود أتربرج) للتربة الطينية وذلك بتعيين حد السيولة باستخدام جهاز (كزاجراند) كما هو موضح بالشكلين رقم [٤ ، ٥] .

وكذلك تعيين حد اللدونة المقابل وبناء عليه تم تصنيف التربة باستخدام منحنيات اللدونة كما هو موضح بالشكلين رقم [٦ ،٧] .

(جـ) تعيين قيم الضغط غير المحصور :

Unoonfined Compressive Strength

حيث تم تعيين قيم الضغط غير المحصور لعينات التربة غير المقلقلة ونتائج هذا الاختبار موضحة بالجدول التالى والذى يبين العلاقة بين رقم الجسة والعمق وقيمه الضغط غير المحصور . q_u Kg/cm² :

الصفحة السادسة

جدول رقم (١) :

الجسة	العمق	q_u Kg / Cm²
١ ، ٢	٢	٠,٤
	٣	٠,٥
	٤	٢,٠
	٥	٢,٢
	٦	١,٩
	٧	٢,٠
	٨	٣,٠
	٩	٢,٦
	١٠	٢,٥

الصفحة السابعة

(ذ) التحليل الكيميائى :

تم أخذ العينات من المياه الجوفية التى ظهرت بالجسات وكذلك تم رصد منسوب المياه الجوفية الابتدائى والنهائى داخل آبار الجس .

ومناسب المياه الابتدائية والنهائية داخل آبار الجس موضحة على قطاع الجستين بالشكل رقم [٢] .
وقد تم أخذ عينات من المياه الجوفية وتحليلها معملياً كما هو موضح بالجدول رقم [٢] والذى يبين التحليل الكيميائى لهذه العينات.

ثالثاً : التجارب الحقلية :

حيث تم إجراء تجارب الاختراق القياسى أثناء عملية استخراج العينة من الجسة .

الصفحة الثامنة

جدول رقم (٢) جدول يبين التحليل الكيميائى لعينات المياه

رقم العينة	التاريخ	العمق	الرقم الهيدروجينى	درجة التوصيل سيموز / سم	جزء فى المليون				مجموع الأملاح	ملاحظات
					القلوية الكلية	العسر الكلى	الكبريتات	الكلوريدات	الكلية جزء فى المليون	
			٧,٠	٢٥٠٠	٣٦٠	–	٥٦٠	٦٤٠	١٦٠٠	

الصفحة التاسعة

(٥) التوصيات : والاقتراحات :

من خلال الدراسة السابقة للتربة بالموقع المراد إنشاء العمارة به يمكن إعطاء التوصيات والاقتراحات الآتية :

(١) يستخدم الأسمنت البورتلاندى العادى فى أعمال الأساسات .

(٢) أ) يجب ألا يقل عمق الحفر عن ٣,٥٠ متر من سطح الأرض الطبيعية وجهد التربة الصافى يجب ألا يتعدى ١,٢٠ كجم / سم٢ .

ب) أو يتم الحفر للموقع حتى عمق ٣,٥٠ متر من سطح الأرض الطبيعية وتوضع تربة إحلال بسمك ١,٥ متر من الزلط والرمل بنسبة ٢ : ١ مع الدمك الجيد ولا يتعدى جهد التربة الصافى فوق الإحلال ١,٣ كجم / سم٢ .

(٣) تحدد أبعاد القواعد العادية والمسلحة طبقاً للتصميم الإنشائى .

(٤) يجب دهان الأساسات جيداً بالبيتومين الساخن (٣ أوجه على الأقل) أو البيروبلاست المطاطى ثلاثة أوجه على البارد .

(٥) يجب دمك الخرسانة جيداً مع الأخذ فى الاعتبار كافة الشروط والمواصفات الفنية الخاصة بالأعمال الخرسانية للأساسات .

(٦) هذه التوصيات خاصة بعمارة سكنية ملك الأستاذ /

(٧) إذا وجد ما يخالف ما جاء بهذا التقرير يتصل بمكتبنا فوراً .

SYMBOLS AND DEFINITIONS SHOWN IN CROSS SECTION

GRAVEL		زلط
SAND		رمل
SILT		طمى
CLAY		طين
SAND STONE		حجر رملى
LIME STONE		حجر جيرى
SHELLS		قواقع
DISTURBED	●	مقلقلة
UNDISTURBED	▮	غير مقلقلة
SEMI DISTURBED	◪	نصف مقلقلة
LOST	■	فقدت

NOTS; from 0 to 10% = traces
from 10 to 20% = some
from 20 to more = adjective

قطاع توصيف للجسة رقم (٢١)

المقاول : الأستاذ / التاريخ : / / ١٩٩م

المشروع : عمارة سكنية .... منسوب المياه الابتدائي ٩٫٢٠ والنهائي ١٫٥٠

التوصيف	طبقات التربة: المنسوب	طبقات التربة: القطاع	رقم العينة	العمق بالمتر
ردم (طمي طيني مع آثار كسر حجر)	١٫٣٠			١
				٢
طمي مع آثار طين (ضعيف)	٢٫٤٠			٣
طمي طيني (ضعيف)	٣٫٥٠			٤
				٥
				٦
طين شديد التماسك مع آثار طمي				٧
				٨
				٩
	١٠٫٦٠			١٠
طين طمي مع بعض الرمل المرشش	١١٫٥٠			١١
				١٢
رمل حرش مع آثار زلط ناعم وطمي وطين				١٣
				١٤
	١٥٫٠٠			١٥

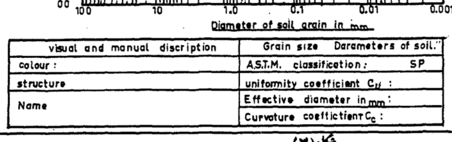
شكل (٢)

GRAIN SIZE DISTRIBUTION CURVE

CLINT: Borehol No : ٢١

Location: ....: عمارة سكنية ملك Depth in meter: ١٣٫٠٠

Test	Sieve Analysis by sieve		Sedimentation	
soil type	gravel	sand	silt	clay
sieve	1 1/4 1/2	4 10 20 40 60 100 200		



visual and manual discription	Grain size Darameters of soil.
colour :	A.S.T.M. classification : SP
structure	uniformity coefficient C_U :
Name	Effective diameter in mm :
	Curvature coeffictient C_c :

شكل (٣)

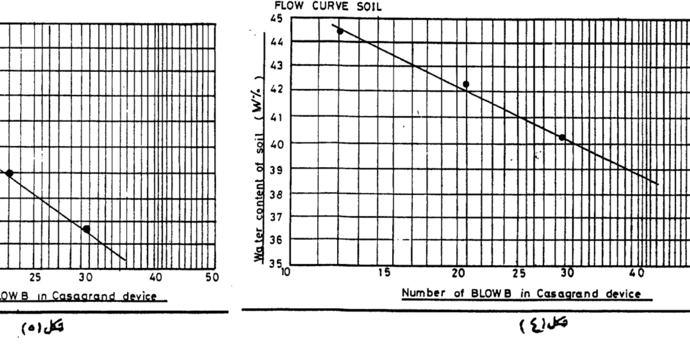
ATTERBERG LIMITS OF SOIL

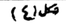
Client :   Borehole No. ٢/١

Location : ....عمارة سكنية ملك   Depth in meter ٢,٠٠

SNO	Description	Result	SNO	Description	Result
1	Water content %	٣٦,٣٦	4	Plasticity index	١٤,٢٢
2	Liquid limit %	٤١,٠٠	5	Shrinkage Limit	
3	Plastic limit %	١٢٧,٧٨	6	Relative consistency	٠,٣٣

FLOW CURVE SOIL




شكل (٤)

ATTERBERG LIMITS OF SOIL

Client   Borehole No. : ٢/١

Location : ....: عمارة سكنية ملك   Depth in meter : ٤,٠٠

SNO	Description	Result	SNO	Description	Result
1	Water content %	٥٦,٣٢	4	Plasticity index	٢٨,٧٨
2	Liquid limit %	٥٩,٨٠	5	Shrinkag limit	
3	Plastic limit %	٢٤,٠٧	6	Relative consistency	٠,٩٢

FLOW CURVE SOIL

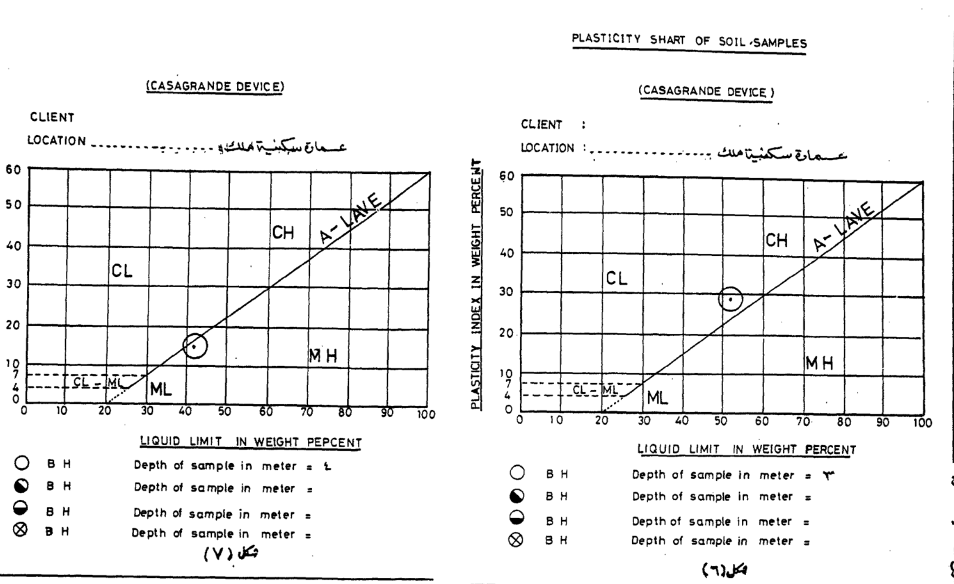
60 59 58 57 56 55 54 53 52 51 50

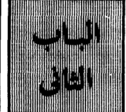
10 15 20 25 30 40 50

Water content of soil (W%)

Number of BLOW B in Casagrand device

شكل (٥)


PLASTICITY SHART OF SOIL-SAMPLES
(CASAGRANDE DEVICE)
CLIENT :
LOCATION : عمارة سكنية ملك
A-LAVE
CH
CL
MH
ML
CL - ML
PLASTICITY INDEX IN WEIGHT PERCENT
LIQUID LIMIT IN WEIGHT PERCENT
B H Depth of sample in meter = ٣
B H Depth of sample in meter =
B H Depth of sample in meter =
B H Depth of sample in meter =
شكل (٦)
(CASAGRANDE DEVICE)
CLIENT
LOCATION عمارة سكنية ملك
A-LAVE
CH
CL
MH
ML
CL - ML
PLASTICITY INDEX IN WEIGHT PERCENT
LIQUID LIMIT IN WEIGHT PEPCENT
B H Depth of sample in meter = ٤
B H Depth of sample in meter =
B H Depth of sample in meter =
B H Depth of sample in meter =
شكل (٧)



أنواع خواص التربة والصخور

الفصل الأول : أنواع الصخور :

الصخور هى الوحدات المكونة للقشرة الأرضية . ويتكون الصخر من معدن واحد أو أكثر . وعلى الرغم من أن الصخور تعرف من الوجهة الجيولوجية بأنها خليط ميكانيكى من عدد من المعادن الطبيعية متماسكة ولها حالة من الاستمرارية للنسيج الصخرى وتعرف التربة بأنها صخور مهشمة تأخذ حبيباتها أحجام وأشكال محددة وليس لها صفة التماسك المطلوبة للصخر .

إلا أنه فى الحالات التطبيقية من وجهة النظر الهندسية المدنية يتم الفصل بين الصخر والتربة من خلال بعض الخواص والسلوكيات الميكانيكية مثل نتائج بعض الاختبارات الحقلية والمعملية .

وتتركب القشرة الأرضية فى غالبيتها من الصخور النارية التى تشمل الصخور الجوفية والبركانية وعندما تتعرض الصخور النارية ، سواء كانت جوفية أو بركانية للظروف السائدة على الأرض فإنها تتفكك وتتحلل كيمائياً مكونة الفتات الذى تنقله المياه الجارية ويرسب معظمها فى الأحواض – الترسيبية بالبحار والمحيطات وبذلك تنتج الرواسب التى تكون بعد تماسكها وتلاحمها الأنواع المختلفة من الصخور الرسوبية مثل الطين الصفحى والصخور الرملية والجيرية . كما بالجدول التالى وعندما تتعرض الصخور الرسوبية أو النارية التى على أعماق كبيرة لظروف جديدة من الضغط والحرارة العالية فإنها تتحول إلى صخور جديدة تسمى الصخور المتحولة ومن أمثلتها الرخام والكوارتزيت والشيست .

جدول يبين متوسط التركيب المعدنى للصخور الرسوبية

المعـــادن	النسبة المئوية
كوارتز وسليكا	٣٠
ميكا (مسكوفيت وبيوتيت)	٢٣
معادن الصلصال (الطين)	١٧,٥
فلسبار	٩
كربونات (كلسيت ودولوميت)	٨,٥
أكاسيد وهيدروكسيد الحديد	٥
كلوريت	٢
مـــاء	٢

وتنقسم الصخور إلى ثلاثة أنواع رئيسية هى :

١ – الصخور النارية :

تتكون غالبية القشرة الأرضية من الصخور النارية (حوالى ٩٥٪ بالحجم) والتى يرجع أصلها إلى تبلور الصهارة أو الماجما بداخل القشرةُ الأرضية أو قريباً من سطح الأرض وتبعاً للأعماق التى توجد عليها الصخور النارية بالنسبة لسطح الأرض فإنها تصنف إلى ثلاثة أقسام هى :

أ) **صخور جوفية أو متداخلة** : وتوجد على أعماق كبيرة من سطح القضرة الأرضية . ومن أمثلتها صخور الجرانيت والديوريت ، ويرجع ظهور هذه الصخور على السطح إلى الحركات التكوينية التى تتعرض لها هذه الصخور .

ب) **صخور سطحجوفية** : وتوجد على أعماق متوسطة من سطح القشرة الأرضية ومن أمثلتها بورفير الكوارتز والبورفيريت والدوليريت .

ج) **صخور بركانية أو مقذوفة** : وتوجد على سطح الأرض أو بالقرب منه مثل البازلت أو الأندسيت والدوليريت .

٢ – الصخور الرسوبية :

تصنف الصخور الرسوبية على أساس نشأة الرواسب إلى ثلاثة أنواع رئيسية .

أ) **الرواسب الميكانيكية** : تتكون الرواسب الميكانيكية من حبيبات المعادن الناتجة من التفتيت الميكانيكى لجميع أنواع الصخور ، وتنقل المواد المفتتة بفعل المياه أو الهواء أو الجاذبية إلى أماكنها الحالية التى ترسب فيها ، وتشمل هذه الرواسب الأنواع الموضحة فى الجدول التالى :

جدول يبين أنواع الرواسب الميكانيكية

الصفة الغالبة للرواسب	المواد المكونة للرواسب	أنواع الصخور الرسوبية
أ) رواسب حصى ٦٤ م – ٢ م	حصى مستدير حصى غير منتظم جلاميد ومواد صلصالية	كونجلومرات بريشيا تيليت
ب) رواسب الرمال ٢ م – ٠,٠١ م	رمال خشنة رمال متوسطة رمال دقيقة	الصخور الرملية بأنواعها السيليسية والجيرية والحديدية والطينية والجاكستر
جـ) رواسب الطين ٠,٠٠٦ إلى أقل من ٠,٠٠٥ م	الصلصال الطمى الطين	الجير الصلصالى الصلصال البيتومينى الصلصال الحرارى

ب) رواسب عضوية : تتكون هذه الرواسب من تراكم بقايا نشأتها .
المواد العضوية التى خلفتها الحيوانات أو النباتات التى تعيش فى وتنقسم الرواسب العضوية كما فى الجدول التالى إلى رواسب البحار أو اليابس . وتحتوى غالباً على حفريات تدل على جيرية وسيليسية وكربونية وحديدية وفوسفاتية .

جدول يبين أنواع الرواسب العضوية

الصفة الغالبة للراسب	المواد المكونة للراسب	أنواع الصخور الرسوبية
أ) رواسب جيرية Calcareous	فتات المحار وهياكل الحيوانات البحرية والشعاب المرجانية	صخور جيرية عضوية كالطباشير .
ب) رواسب سيليسية Siliceous	أشواك الأسفنج الدولوميت	صخور سيليسية عضوية مثل : صخور الدياتوميت
جـ) رواسب كربونية Carbonaeous	غابات متفحمة ونباتات منقولة	لجنيت – فحم بتيومونى – انثراست
د) رواسب حديدية Ferruginious	رواسب حديد المستنقعات	رواسب الحديد التى تتكون من الليمونيت
هـ) رواسب فوسفاتية Phosphatic	طبقات من عظام الحيوانات الضخمة – الجوانو .	خام الفوسفات (الفوسفوريت) .

ج) **الرواسب الكيميائية** : تنشأ الرواسب الكيميائية من عملية التبخر أو التفاعل الكيميائى بين المحاليل التى كانت هذه المواد مذابة فيها . ومن أمثلتها بعض الرواسب الجيرية الملحية أو التبخرية ويوضح الجدول التالى الأنواع الرئيسية لهذه الرواسب .

جدول يبين أنواع الرواسب الكيميائية

الصفة الغالبة للراسب	المواد المكونة للراسب	أنواع الصخور الرسوبية
أ) رواسب جيرية	كربونات كالسيوم مترسبة من المحاليل : كربونات كالسيوم ومغنسيوم مترسبة من المحاليل .	الحجر الجيرى البطروخى والدولوميت والصخور الجيرية الدولوميتية .
ب) رواسب سيليسية	السيليكا الجيلاتينية	التشرت والصوان
جـ) رواسب حديدية	أكاسيد وأيدروكسيدات الحديد	خامات الحديد الليمونيتية والطفلة الحديدية
هـ) رواسب ملحية	رواسب البحيرات المالحة	جبس – انهيدريت – ملح صخرى – أملاح الصوديوم والبوتاسيوم والنطرون

(٣) الصخور المتحولة :

هى الصخور المتحولة الرسوبية التى تأثرت بالضغط أو الحرارة أو كليهما من مصادرها التكوينية مما أدى إلى تغير فى خواصها البنائية والميكانيكية . وقد يصاحب هذا التحول تغير فى التركيب إذا توفرت العوامل المؤثرة لذلك .

(٤) التقسيم الهندسى للصخور الصلبة أو المتماسكة بغرض إنشاء الأساسات :

إن الأهمية الجيولوجية بالنسبة لأساسات المبانى والمنشآت هى تحديد صلاحية الصخور والتربة الحاملة لأساسات المنشأ أو الحاوية للمنشأ ومعرفة أنواع التركيب الصخرية تحت السطحية مع مراعاة العوامل التى تنشأ من تأثير الزلازل وذلك فى حالة المبانى العالية والضخمة - والمنشآت الهندسية كالسدود والخزانات . ومن الناحية الهندسية تقدر صلاحية الصخور الصلدة المتماسكة بصفتين أساسيتين هما القوة الضغطية للصخور و (R . Q .D) للصخور ويمكن كذلك تقدير صلاحية الصخور لبعض الأعمال الهندسية بتحديد مقاومته لعوامل الاحتكاك والبرى أو القوة الضغطية والنسبة المئوية للمعادن المكونة للصخور والتى تزيد صلاحيتها عن ٥,٥ طبقاً لمقياس موهر للصلادة وعلى أساس صلابة المعادن المكونة للصخر قسم كرفان الصخور من الناحية الهندسية إلى خمسة أنواع هى صخور لينة ومتوسطة الصلابة وصلبة وعالية الصلابة .

ويجب ملاحظة أنه عند اختبار القوة للصخر أن يكون اتجاه الضغط فى نفس اتجاه ثقل المنشأ الهندسى على العينة المختبرة وذلك لأنه يوجد فرق كبير فى درجة تحمل الصخور الرسوبية للضغط بموازاة التطابق عنه فى الاتجاه العمودى على مستوى التطابق .

ولما كانت الصخور محتوية بصفة عامة على تشققات وفواصل متباعدة أو متقاربة فإن سلوك الصخر تحت الأحمال الهندسية وغيرها وفى المجال الأوسع (أى فى الكتل الصخرية الكبرى) فإنه من الضرورى أن تتأكد من مدى تأثير تلك التشققات على سلوك الصخر من الناحية - الهندسية . ويمكن دراسة هذا التأثير بصفة تقريبية عن طريق قياسات نسب الاستخلاص ورقم الاستخلاص أثناء إجراء الجسات وفحص العينات .

أ) **الخواص الطبيعية** : يوضح الجدول (التالى أ) الخواص الطبيعية لبعض أنواع الصخور النارية والرسوبية .

ب) **الخواص الميكانية** : يوضح الجدول (التالى ب) تصنيف الصخور من حيث قوة تحملها للضغوط غير المحصور وذلك للصخر السليم المستمر .

جدول (أ) يبين وحدة الحجوم ومسامية بعض الصخور

الصخـر	وزن وحدة الحجوم جم / سم^3	المسامية ٪
جرانيت	٢,٦ - ٢,٨	٠,٥ - ١,٥
دوليريت	٣,٠٠ - ٣,٠٥	٠,١ - ٩,٥
ريوليت	٢,٤ - ٢,٦	٤ - ٦
أندسيت	٢,٢ - ٢,٣	١٠ - ١٥
جابرو	٣,٠٠ - ٣,١	٠,١ - ٠,٢
بازلت	٢,٨ - ٢,٩	٠,١ - ١
حجر رملى	٢,٠٠ - ٢,٦	٥ - ٢٥
حجر طينى	٢,٠٠ - ٢,٤	١٠- ٣٠
حجر جيرى	٣,٢ - ٢,٦	٥ - ٢٠
دولوميت	٢,٥ - ٢,٦	١ - ٥
نيس	٢,٩ - ٣,٠	٠,٥ - ١,٥٠
رخام	٢,٦ - ٢,٧	٠,٥ - ٢
كوارتزيت	٢,٦٥	٠,١ - ٠,٥
أردواز	٢,٦ - ٢,٧	٠,١ - ٠,٥

- الكيلوجرام = ١٠ نيوتن تقريباً .

جدول (ب) يبين تصنيف الصخور من الناحية الهندسية

مقاومة الضغط غير المحصور للصخور (كجم/ سم٢)	النسبة المئوية للمعادن التى صلادها أكثر من ٥,٥			
	صفر – ٢٥٪	٢٥٪ – ٥٠٪	٥٠ – ٧٥٪	٧٥ – ١٠٠٪
أقل من ٦٠	لين جداً		لين	
٦٠٠ – ١٠٠٠	لين			متوسط الصلابة
١٠٠٠ – ١٤٠٠	لين		متوسط الصلابة	
١٤٠٠ – ١٨٠٠	متوسط الصلابة			صلب
١٨٠٠ – ٢٠٠٠	متوسط الصلابة		صلب	
أكثر من ٢٠٠٠	متوسط الصلابة		صلب	عالى الصلابة

ـــ الكيلو جرام = ١٠ نيوتين تقريباً .

الفصل الثانى

التربة

١ – تعريف التربة :

يطلق لفظ التربة على الطبقة العليا المفككة من القشرة الأرضية الناتجة عن تفتيت الصخور بعوامل التعرية والتجوية وهى تعتبر بالنسبة للمهندسين تجمع طبيعى لمعادن ومركبات عضوية متفاضلة إلى طبقات متغيرة السمك تختلف فى شكلها وطبيعة تركيبها وخواصها الكيميائية والحيوية عن الصخور الأساس .

٢ – أنواع التربة :

وتصنف التربة تبعاً للعلاقة الوراثية بين مكونات التربة وصخور الأساس إلى نوعين هما :

أ) التربة المتبقية . ب) التربة المنقولة .

بينما تصنف طبقاً للوسط الذى ساهم فى تكوينها إلى ثلاثة أنواع هى :

أ) التربة الهوائية . ب) التربة التثاقلية . ج) التربة النهرية .

تعرف التربة المتبقية بأنها التربة التى تظل فى موضع تكوينها فوق صخور الأساس التى نتجت عنها بفعل عوامل التجوية وفى هذه الحالة تحتوى على نفس المعادن الأولية الثابتة الموجودة بصخور الأساس .

أما التربة المنقولة فهى التربة التى نقلت من موضع تكونها وترسبت فى مكان آخر وبذلك تختلف معادنها الأولية الثابتة عن تلك الموجودة بصخور الأساس وعوامل نقل التربة قد تكون بفعل الرياح عندئذ تعرف بالتربة الهوائية مثل تربة الكثبان الرملية وتربة اللويس .

وتعرف التربة بالنهرية إذا نقلت أو ترسبت بفعل المياه مثل الحصى والزلط والرمال الشاطئية ، أما إذا كانت الجاذبية هى القوة المؤثرة لتجميع الفتات الصخرى أسفل المنحدرات والمناطق ذات التضاريس الوعرة فتعرف التربة بالتثاقلية .

٣ – تصنيف أنواع التربة :

أ) التربة الهوائية : وأهم أنواعها الكثبان الرملية وتربة اللويس .

١) الكثبان الرملية : تنشأ فى المناطق الصحراوية الجافة أو منعدمة الأمطار حيث تنقل الرمال الناتجة عن الفتات الصخرى دقيقة الحبيبات بفعل الرياح والتيارات الهوائية حتى إذا اعترض حركتها – عائق توقفت ورسبت حملها من الرمال على شكل كثبان .

٢) تربة اللويس : هى تربة هوائية تنشأ فى الظروف القارية الصحراوية أو الجليدية وتتميز بأنها خليط من المعادن الناعمة من الرمال والطين والطمى مثل التى تحتوى أحياناً على معادن المونتموريلنيت ذى الشراهة العالية لامتصاص الماء . وتكون تربة اللويس ذات أصل أولى أو ثانوى إذا كانت ناتجة مباشرة من صخور الأساس فى الحالة الأولى ومنقولة بواسطة الرياح أو

الثلاجات فى الحالة الثانية كما تتميز بأنها فى الحالة الجافة يمكن أن يكون القطع بها رأسياً وعند تعرضها للمياه يؤدى ذلك لانهيار القطع الرأسى .

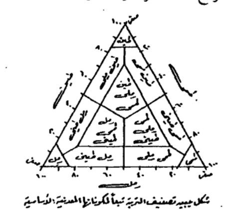
وتختلف مساميتها فى الاتجاه الرأسى عنه فى الاتجاه الأفقى وهى تعتبر تربة انهيارية بالنسبة للتأسيس .

ب) **التربة التثاقلية** : وتتكون فى المناطق الصحراوية الجافة المعقدة فى تضاريسها وأصلها الجيولوجى والمتباينة فى ارتفاعها حيث تنشط عوامل التعرية الميكانيكية القادرة على تفتيت قمم الجبال والمرتفعات ليتدحرج الفتات الصخرى تحت تأثير قوى الجاذبية إلى الوديان والمنخفضات .

جـ) **التربة النهرية** : تتدرج الرواسب المنقولة بواسطة مياة الأنهار فى خشونتها من المنبع إلى المصب حيث تترسب المواد الخشنة مثل الحصى والزلط قريبة من المنبع بينما تترسب المواد الأكثر نعومة مثل الرمال على بعد عدة كيلو مترات وهكذا حتى تصل المياة المحملة بالرواسب دقيقة الحبيبات مثل الطين والطمى إلى المصب . وتترسب التربة النهرية فى الوديان وعلى ضفاف الأنهار مكونة طبقات يختلف سمكها تبعاً لكثرة أو قلة الفتات الصخرى ونوع صخور الأساس .

٤) التركيب المعدنى للتربة :

تأخذ نواتج عمليات التعرية Denudation والتجوية (weathering) أحد صور ثلاث هى معادن أولية مثل الكوارتز ومعادن ثانوية مثل الكاولينيت وغيره من المعادن الطينية الأخرى ومواد ذاتية على هيئة محاليل الكتروليتية أو غروية مكونة عادة من المعادن الأولية والثانوية دقيقة الحبيبات مثل الطين أو الطمى . وعلى ذلك فإن التربة بصفة عامة تتكون من خليط من الرمل والطمى أو الطين ويوضح الشكل التالى بعض الطرق المتبعة فى تصنيف التربة تبعاً لمكوناتها الأساسية حيث تمثل المكونات المعدنية الثلاث للتربة وهى الطين والطمى والرمل برءوس مثلث أضلاعه خليط من معدنين بينما تمثل أية نقطة داخل المثلث خليط من المعادن الثلاث ومبين على الشكل حدود مكونات الأنواع المختلفة والمعرفة للتربة .



شكل يبين تصنيف التربة تبعاً لمكوناتها المعدنية الأساسية

قطاع التربة :

تتميز التربة بتكويناتها الطبقية المختلفة عن بعضها البعض وعن صخور الأساس فى الخواص والتركيب حيث يفضل وضع صورة لهذا القطاع فوق اللون والنسيج والتركيب المعدنى وتركيز أيون الأس الهيدروجينى (PH) والمكونات العضوية والمعادن الطينية وتجمعات الأكاسيد . ويعرف قطاع التربة من الوجهة الهندسية بأنه قطاع رأسى فى الرواسب المكونة للتربة من منسوب سطح الأرض حتى عمق كاف . فإن تعدى ذلك القطاع طبقة التربة ليصل إلى صخور الأساس عرف بالقطاع الجيولوجى ويقسم القطاع عادة إلى ثلاثة مناطق يعرف الجزء العلوى باسم التربة العلوية ويعرف الجزء الثانى باسم طبقة ما تحت التربة أما الجزء الثالث فيطلق عليه الطبقة السفلى أو صخور الأساس المتماسكة . وقد لا يمثل التتابع الطبقى بصورة كاملة . مثلاً فى حالة التربة غير الناضجة (المراحل المتوسطة من التعرية والتجوية) قد لا توجد طبقة التربة فى الدراسات التفصيلية لقطاع التربة وقد تنقسم كل من طبقاتها الأساسية الثلاثة إلى عدد أكبر من رقائق الطبقات تتوقف حدودها على اختلاف مكوناتها المعدنية وتغير صفاتها فى الاتجاه الرأسى .

عمليات التعرية والتجوية :

تأخذ نواتج عمليات التعرية والتجوية أحد صور ثلاث هى :

أ) معادن أولية ثابتة مثل الكوارتز .

ب) معادن ثانوية مثل الكاولينات والمعادن الطبيعية الأخرى .

جـ) مواد ذاتية على هيئة محاليل تتكون عادة من المعادن الأولية والثانوية دقيقة الحبيبات مثل الغرين والطمى (الغرين هو خليط الطمى المترسب من الفيضان) ويمكن ترتيب مكونات التربة طبقاً للتدرج الحبيبى من الأصغر إلى الأكبر كما يلى :

أ) الطين . ب) طمى . جـ) رمل .

شكل يبين تصنيف التربة تبعاً لأحجام الحبيبات

حجم الحبيبات (مم)						
١٠٠	١٠	١	٠,١	,٠١	٠,٠٠١	٠,٠٠٠١

تصنيف التربة	زلط	رمل	طمى	طين
		٢	,٠٦	٠,٠٠٢

الفصل الثالث

أنواع التربة فى جمهورية مصر العربية :

تتكون التربة فى المناطق الحضرية من نوعين أساسيين :

أ) الرواسب النيلية ورواسب النيل فى المناطق الساحلية أو على مصاطب النهر .

ب) التربة الصحراوية وتشمل كذلك تربة الساحل الشمالى الغربى .

١) الرواسب النيلية :

تتكون الرواسب النيلية فى أغلب المناطق فى مصر من :

أ) رواسب النهر فى سهله الفيضى وهى لذلك تكونت على الترتيب التالى بدءاً من السطح .

(١) تربة طينية طميية متوسطة التماسك أو متماسكة وقد توجد بعض التربة اللينة السوداء عند السطح أو قريبة منه .

(٢) تربة طميية أو تربة رملية طينية تمثل طبقة انتقالية .

(٣) تربة رملية نيلية وتتكون أساساً من الرمل الناعم إلى المتوسط وقد تحتوى على بعض الزلط الرفيع .

(٤) تربة طوفانية **Diluvial** وهى تربة رملية تكونت أصلاً على مصاطب النهر وتتكون من الرمال الصفراء فى الغالب وتوجد بها فى بعض الأحيان كميات من كربونات الكالسيوم أو الدولوميت فى بعض المناطق مما يؤدى إلى تواجد بعض الكتل متوسطة التماسك داخل هذه الرمال . وسمك هذه الطبقة تختلف وقد تنقسم إلى قسمين متتابعين فى بعض المناطق والقسم العلوى منها يتكون من الرمال المتوسطة إلى حرشة . وتحتوى على بعض الزلط . وذات كثافة جيدة . وأما الطبقة التى تليها فتكون غالباً من الرمال المتدرجة ولا تحتوى على الزلط بصفة عامة .

(٥) توجد بعض الترسيبات الطينية على مستوى أعلى من ترسيبات السهل الفيضى فى محافظة أسوان وتمتد لتصل شمالاً حيث يقل سمكها وتختفى ثم تظهر تحت السطح فى بعض المناطق شرق القاهرة على سبيل المثال . وهذه التربة تعتبر انتفاشية حيث يزيد حجمها كثيراً عند ملامسة المياه وقد تقل نسبة الطين بها . إلا أنه يعتبر من النوع النشيط والذى يسبب مشاكل عديدة فى عمليات التأسيس .

ب) الترسيبات النيلية الساحلية : وهذه تربة طينية رسبها النهر فى المياه المالحة وهى فى الغالب تتكون من الطين الغروى فى بعض الأماكن حول مدينة الإسكندرية ، أو من الطين اللين إلى متوسط فى مناطق متعددة شمال الدلتا حتى منطقة بورسعيد .

جـ) التربة العضوية : وهى تعتبر ترسيب نيلى بحرى مشترك وهى التربة التى تحتوى عادة على خليط من الرواسب العضوية مع تربة طميية أو طينية أو رملية . وتوجد فى ج . م . ع حول فرعى النهر بصفة أساسية بدأ من حوالى ٨٠ كم شمال القاهرة ومن مناطق المنصورة وحتى دمياط وكذلك حول فرع رشيد فى مناطق دمنهور حتى بعض مناطق الإسكندرية الشرقية .

٢) التربة الصحراوية :

تحتضن المناطق الصحراوية كل المناطق الحضرية من الجنوب حتى القاهرة فى حين توجد هذه التربة فى بعض المدن الموجودة على حافة الدلتا وكذلك فى مدينة السويس والإسماعيلية على سبيل المثال كما تظهر الرسوبيات الصحراوية مختلطة مع الروسبيات البحرية فى مدن الساحل الشمالى بدءاً من أطراف الإسكندرية الغربية .

وهذه التربة الصحراوية تكونت فى عصور أقدم كثيراً من التربة النيلية وإن كان بعضاً منها مثل الرمال بصفة خاصة قد انجرفت بواسطة الأمطار إلى الوادى وما حوله من الأماكن وترسبت مكونة مصاطب النهر – وليست الصحارى المصرية فى مجموعها مغطاة بطبقات سميكة من الرمال ولكن الرمال فى بعض الأماكن لا تتعدى أسماك قليلة ، أما الطبقات الغالبة فتتكون من نوعيات مختلفة من التربة كما يلى :

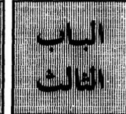
أ) **الرمال المتماسكة** : التربة التطابقية أو الرقائقية مكونة من تتابع الرمال والطمى والطين بأسماك مختلفة ، وكذلك التربة التطابقية المتعددة الألوان المتواجدة فى الصحراء الغربية الجنوبية مع تكوينات من الحجر الرملى النوبى وتعرف **Variegated shales** وتوجد الرمال المتماسكة بصفة عامة فى الأراضى الصحراوية سواء على السطح أو على أعماق منه ، ويكون تماسكها راجعاً إلى وجود الحديد أو الطمى أو الطين أو المواد الجيرية أو الدولميتية أو كلوريد الصوديوم ويغلب على هذه التربة السلوك الانهيارى ، وإن كانت بعض أنواعها ذات سلوك انتفاشى طبقاً لكميات الطين ونوعها المسببة لهذا التماسك وعلى ذلك فإن الرمال المتماسكة لا بد من دراستها من الناحية الانهيارية وكذلك من ناحية الانتفاش وهذه الحالة الأخيرة ربما تحدث فى التربة الرملية التى تتماسك ليس فقط بواسطة الطين المتواجد بين حبات الرمل أو المغلف لها ونسبته غالباً غير عالية . ولكن قد يكون التماسك ناتجاً عن وجود غلاف طينى رقيق حول حبات الرمل . على ذلك فإن التقييم السليم لخواص هذه التربة معملياً سواء فى الانتفاش أو فى الانهيار يلزم بأن يتم باستخدام عينات غير قابلة مقلقلة وتستخرج بطريقة سليمة مع المحافظة عليها أثناء النقل والتخزين كما يفيد التحاليل الميكانيكية وخواص المار من منخل ٠,٠٦ مم فى تحديد خواص الانتفاش .

ب) **الطبقات الطينية** : الطبقات العلينية سواء ما سمى بالحجر الطينى أو الحجر الطمى وهى ما يعرف جيوتكنيكيا أيضاً بالتربة

الطينية الجامدة وهذه التربة فى الغالب تتكون من ترسيبات بحيرية lacustrine deposits مثل الطين الأسوانى أو التربة الطبقية فى تكوينات إسنا أو القاهرة أو حول مدينة الإسكندرية أعلى منسوب المياه الأرضية أو فى مناطق محافظة السويس والبحر الأحمر .

جـ) **المارل** : طين جيرى يحتوى على نسبة من كربونات الكالسيوم تتراوح من حوالى ٣٠٪ ، ٨٠٪ ، بالوزن ويتوقف سلوكها على خواص الطين المكون لها إذ قد تكون هذه الخواص انتفاشية أو غير ذلك وتوجد غالباً داخل تكاوين الحجر الجيرى أو بين تشققاته .

وقد يختفى معدن الطين ويتبقى الطمى والرمل الجيرى كمكونين رئيسيين وعلى ذلك فإنها تختلف بين المارل الغير لدن وبدون طين والمارل عالى اللدونة ، وفى الغالب تكون سابقة التصلب بدرجات متفاوتة . والمارل الشديد الصلابة قد يسمى حجر المارل ولابد من العناية فى التفرقة بينه وبين الحجر الجيرى حيث إن سلوكه يشابه سلوك التربة الطينية لحد كبير عند تلامسها للمياه .



الدراسات والتجارب بالموقع

الفصل الأول

١ - الجسات :

تعتبر الجسات أكثر الطرق شيوعاً لفحص التربة بالموقع .

أ) طرق عمل الجسات : انظر الجدول التالى (ا) لطرق عمل الجسات المختلفة وتطبيقاتها .

ب) وتوزيع واختيار أماكن الجسات وعددها يتوقف توزيع عدد الجسات والمسافة بينها على نوع المنشأ أو الغرض من الدراسة. ويمكن الاستعانة بالجدول التالى (ب) كمرشد عام لاختيار عدد الجسات ويجب الحرص فى اختيار وتحديد أماكن الجسات .

٢ - القطاعات الجيولوجية: يخطط لأماكن وضع الجسات بحيث يمكن تحديد القطاعات الجيولوجية للموقع بطريقة دقيقة وملائمة للتصميم المراد إعداده . وبالإضافة يلزم اختيار أماكن الجسات فى المناطق والميول المحتمل انهيارها بحيث تعطى تصوراً دقيقاً للقطاع الجيولوجى للتربة للتمكين من إعداد الدراسات المطلوبة سواء الجيولوجية أو الهندسية .

٣ - الطبقات الحرجة: فى الحالات التى تتطلب دراسات تفصيلية لهبوط المنشآت أو اتزان الميول أو دراسات رشح المياه فلا بد من التخطيط لإضافة جستين على الأقل للحصول على عينات غير مقلقلة فى الطبقات الحرجة . ولهذا الغرض فإنه يجب إجراء عدد كاف من الجسات الاسترشادية لتحديد الأماكن الممثلة لطبيعة التربة لإجراء الجسات النهائية بها بما يحقق الدقة المتوخاه من الدراسة .

٤ - أعماق الجسات: تتوقف أعماق الجسات على حجم ونوع المنشأ المطلوب دراسته كما فى الجدول التالى (جـ) كما أن أعماق الجسات تتوقف بدرجة كبيرة على خواص وتتابع الطبقات الموجودة بكل موقع على حدة .

٥ - الجسات التأكيدية: فى المناطق الغير معروف طبيعتها مسبقاً فلا بد من الوصول بجسة واحدة على الأقل إلى عمق كبير بحيث يتم اختراق الطبقة اللازمة للدراسة والتأكد من عدم وجود أية ظروف غير عادية على أعماق كبيرة .

جدول (أ) يبين أنواع الجسات الميكانيكية

نوع الجسة طريقة عمل الجسة	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
١) مجسات بالمثاقب : Auger boring	يتم بدفع المثقاب يدوياً أو ميكانيكياً مع إزالة التربة المعلقة بصفة دورية . وفى بعض الأحيان يمكن استخدام المثقاب بصفة مستمرة ورفعه مرة واحدة فقط، ويمكن فحص التربة المزالة للتعرف على اختلاف نوع التربة مع العمق، ولا يستخدم القاسون عموماً فى هذه الطريقة ويجب الحرص عند استخدام المثقاب الميكانيكى مع ضرورة تساوى معدل دفع المثقاب الميكانيكى مع	١) تستخدم هذه الطريقة أساساً للفحص السطحى للتربة أعلى منسوب المياه الجوفية وفى التربة الرملية والطمييية المشبعة جزئياً بالماء والتربة الطينية اللينة إلى متماسكة . ٢) وقد تستخدم هذه الطريقة كوسيلة لتنظيف الحفر بين أماكن أخذ العينات وتعتبر هذه الطريقة سريعة جداً إذا ما استخدمت القوة الميكانيكية فى دفع المثقاب .

نوع الجسة طريقة عمل الجسة	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
	معدل الحفر . ويمكن الحصول على جسات بقطر ١٠ سم فى حالة المثقاب اليدوى وتصل إلى ٢٥ سم فى حالة المثقاب الميكانيكى .	٣) يمكن فحص جدران الحفر الناتجة إذا ما استخدم المثقاب بأقطار كبيرة وقد تنهار جدران الحفر فى حالة التربة اللينة والموجودة أسفل منسوب المياه الجوفية .
٢) مجسات بالمثقاب المفرغ Hollow – stem Auger borings	فى هذا النوع من الجسات يستخدم المثقاب المفرغ مع الدفع الميكانيكى ويمكن اعتبار المثقاب المفرغ كالقاسون المستخدم لمنع حدوث انهيارات التربة للتمكن من أخذ العينات عند الأعماق الكبيرة .	تستخدم هذه الطريقة للوصول إلى أماكن أخذ العينات فى التربة سواء كانت عينات مقلقلة أو غير مقلقلة وكذلك الوصول إلى أماكن الحفر الدوار فى الصخر من خلال المثقاب المفرغ ولا تعد هذه الطريقة صالحة للعينات غير المقلقلة فى التربة الرملية والطميية .
٣) مجسات بالتثقيب للحصول على عينات مقلقلة . wash tipe borings for disturbed sample	ويتم فى هذه الطريقة تفتيت التربة عن طريق ضخ الهواء أو الماء أو سائل الحفر خلال دفع قواطيع للتربة bits بحيث تزيل عملية دفع مخلفات القطع من الثقب ويمكن تحديد اختلاف طبقات التربة من طريق معدل تقدم الحفر وفحص مكونات سائل الحفر . ويمكن استخدام القاسون كلما دعت الضرورة لمنع انهيار الحفرة . وفى هذه الحالة يدفع القاسون أولاً بطول ١,٥ إلى ٣,– متر وبقطر ٥ سم إلى ١٠ سم وذلك عن طريق الدق ثم يفرغ القاسون بواسطة لقمة قطع متصلة بأسفل مواسير الحفر وتندفع المياه أو سائل الحفر تحت ضغط من خلال فتحات فى لقمة القطع فتؤدى إلى تفتيت التربة وحملها إلى أعلى من خلال الفراغ بين القيسون ومواسير الحفر حيث تؤخذ منها العينات .	تستخدم هذه الطريقة فى الرمل والزلط والطين والطمى اللين إلى صلب ، وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الشائعة لفحص التربة ويمكن الوصول بمعدات الحفر إلى الأماكن الصعب الوصول إليها مثل أسطح المياه والأسطح المائلة أو داخل المبانى وكذلك التى يصعب الحصول منها على عينات غير مقلقلة .
٤) التثقيب بالدوران Rotary drilling	عن طريق دفع دوران قواطيع التربة ميكانيكياً بسرعة عالية مع ضخ سوائل الحفر لقطع أو طحن التربة إلى أجزاء صغيرة وإزالة مخلفات الحفر ويدل معدل تقدم الحفر وفحص المخلفات على التغير فى طبقات التربة ولا يستخدم القاسون عموماً إلا عند	تستخدم فى جميع أنواع التربة إلا فى حالة المقاسات الكبيرة من الزلط ومن عيوب هذه الطريقة صعوبة تحديد التغير فى طبقات التربة بدقة عالية ولا تعتبر هذه الطريقة عملية فى الأماكن الصعب الوصول إليها نظراً لثقل معدات الحفر وتعتبر من

نوع الجسة طريقة عمل الجسة	الطريقة المستخدمة للحفر	حدود الصلاحية
	السطح فى بعض الأحيان ويمكن الحصول على عينات مقلقلة وغير مقلقلة من التربة على الأعماق المختلفة باستخدام أسطوانات أخذ العينات وتتراوح أقطار الجسات غالباً ٥ سم إلى ١٥ سم وقد تصل فى بعض الأحيان إلى أكثر من متر .	أسرع طرق عمل الجسات ويمكن استخراج عينات من التربة وأسطوانات الصخر حتى قطر ١٥ سم .
٥) الحفر بالدق : Precussion drilling	يتم عن طريق تفتيت التربة بواسطة تكرار رفع وإسقاط لقمة حفر ثقيلة مع استخدام كمية محدودة جداً من الماء لتكوين خليط خفيف القوام فى قاع الحفرة ثم يتم سحب خليط التربة والماء بصفة مستمرة بالبلف (bailer) أو طلمبة رمل sand pump وفى هذه الطريقة يستدل على تغيرات التربة عن طريق معدل تقدم الحفر وصعوبة إنزال أدوات الحفر أو من فحص ناتج الحفر ويستخدم القاسون بصفة عامة فيما عدا فى الأرض الصخرية .	لا تفضل هذه الطريقة لفحص التربة العادية عند ضرورة الحصول على عينات غير مقلقلة نظراً لصعوبة تحديد تغيرات التربة والقلقلة التى تحدث للتربة تحت سطح قواطيع التربة . ولكن قد تستخدم هذه الطريقة مع طريقة فحص التربة المثقاب أو الجسات المبللة ، انظر الطريقة رقم ٣ لاختراق طبقات الزلط والكتل الصخرية والتكوينات الصخرية وتفضل هذه الطريقة فى حالة وجود فراغات أو مناطق ضعيفة فى الترسيبات الصخرية .
٦) الحفر فى الصخر : Rock core drilling	يتم عن طريق دوران قواطيع مجهزة بأسطوانة (barrel) لقطع وأخذ عينات فى الصخر حيث تندفع سوائل الحفر من خلالها أثناء القطع للتبريد ودفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ويستخدم القاسون عموماً للتبريد ودفع مخلفات الحفر إلى الحفرة ويستخدم القايسون عموماً مع هذا النوع من الحفر . ومن الطرق الأكثر شيوعاً للحفر فى الصخر هى باستخدام لقمة حفر من الماس أو الكربيد تتصل بأسفل أسطوانة أخذ العينات Barrel وأثناء الحفر تدار كل من الاسطوانة ومنها إلى لقمة الحفر للتبريد ولدفع مخلفات الحفر أعلى الحفرة ومع تقدم الحفر يتم دخول عينة الصخر داخل الأسطوانة .	تستخدم هذه الطريقة فى أعمال الجسات لحفر الصخر والتربة الركامية ذات المقاسات الكبيرة . وللحصول على عينات فى الصخور الضعيفة أو المشققة فإنه يفضل استخدام أقطار داخلية للأسطوانات أكبر من ٥ سم .

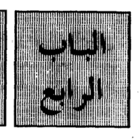
الفصل الثانى

جدول (ب) يبين متطلبات تحديد عدد الجسات بالمواقع المختلفة

مناطق البحث	تخطيط الجسات
المواقع العمرانية الجديدة	تخطط الجسات المبدئية فى المناطق الغير مستوية بحيث تبعد عن بعضها مسافات بين ٦٠ إلى ١٥٠ متر ويجب أن تكون المساحة المحصورة بين أى أربع جسات حوالى ١٠٪ من المساحة الكلية وفى حالة الأبحاث التفصيلية يزاد عدد الجسات للحصول على قطاعات جيولوجية دقيقة ، أما فى المناطق المستوية أو ذات الميل البسيط يمكن توزيع الجسات على شبكة من ٣٠٠ × ٣٠٠ متر إلى ٤٠٠ × ٤٠٠ متر .
المواقع المحتوية على طبقات رخوة قابلة للانضغاط	المسافة بين الجسات من ٣٠ إلى ٦٠ متر عند أماكن المنشآت المحتملة وتضاف جسات عند المنشآت بعد تحديد أماكن هذه المنشآت .
المنشآت الكبرى وذات الأساسات السطحية المتقاربة	يتم أختيار الجسات بحيث تبعد عن بعضها من ١٥ إلى ٢٠ متر فى كلا الاتجاهين وبحيث يمكن تحديد قطاع جيولوجى دقيق على مسار أساسات المنشأ .
المنشآت الخفيفة وذات المساحات الكبيرة مثل المخازن .	يتم اختيار أربع جسات على الأقل عند أركان المنشآت بالإضافة إلى جسات داخلية عند أماكن الأساسات المحتملة وبحيث تكون كافية لتحديد قطاع التربة . بحيث لا تقل عدد الجسات عن جسة لكل ١٠٠٠ متر مسطح .
السدود وخزانات المياه	يتم اختيار الجسات بحيث تكون بينها فى حدود من ٦٠ إلى ١٠٠ متر فى مناطق الأساسات وتقل المسافة بين الجسات عند خط منتصف المنشأ أو تصبح حوالى ٣٠ متر ، وتوزع الجسات عند مناطق التحميل والدعامات ومخارج المياه .
الحد الأدنى للجسات	يمكن عمل جسة كل ٣٠٠ متر مسطح بحيث لا تقل عن جستين لكل موقع .

جدول (جـ) يبين متطلبات تحديد أعماق الجسات

مناطق البحث	أعماق الجسات
المنشآت الكبرى وذات الأساسات السطحية المتقاربة	تتحدد أعماق الجسات بحيث تصل إلى العمق الذى يصبح عنده الزيادة فى الإجهاد الرأسى الناتج من المنشآت أقل من ١٠٪ من وزن عمود التربة المؤثر . وعموماً فلا بد من ألا يقل عمق الجسات عن ١٠ متر إلا فى حالة ظهور الصخر على أعماق سطحية وضمان استمراره .
الأساسات المنفصلة	تحدد أعماق الجسات بحيث تمتد أعماق تلك الجسات إلى أن يقل الإجهاد الرأسى داخل التربة عن ١٠٪ من قيمة إجهاد التأسيس ويجب ألا يقل أعماق الجسات عن ١٠ متر من أقل منسوب بالموقع إلا إذا ظهرت طبقات صخرية عند أعماق سطحية فيتم النزول فى طبقات الصخر المتجانسة لعمق ٣ متر مع ضرورة التأكد من وجود فجوات أو تشققات داخل هذه الطبقات الصخرية من عدمه .
الحوائط الطولية والأرصفة	يتم تعميق الجسات من ٠,٧٥ إلى ١,٥ مرة الارتفاع الحر من الحائط أعمق من منسوب الأرض أمام الحائط وعندما تدل طبقات التربة على ضرورة دراسة الاتزان العميق فلا بد من الوصول ببعض الجسات إلى الطبقات اللازمة لإتمام الدراسة .
دراسة اتزان الميول	لا بد من النزول بأعماق الجسات إلى مستوى أقل من مستوى سطح الانهيار المحتمل وحتى الوصول إلى طبقات الصلبة أو الوصول إلى الأعماق التى لا يمكن حدوث انهيار عندها .
الحفر العميق	يجب النزول بالجسات إلى عمق $1\frac{3}{4}$ إلى مرة عرض الحفر المسنود أو المفتوح وفى حالة إذا ما كان قاع الحفر أعلى من منسوب المياه الأرضية وفى التربة متزنة فيمكن الوصول بأعماق الجسات من ١,٥ إلى ٢,٥ متر أعمق من منسوب قاع الحفرة على الأقل . وفى حالة إذا ما كان منسوب قاع الحفر أوطأ من منسوب المياه الأرضية فلا بد من الوصول إلى نهاية الطبقات المنفذة للماء .
الجسور	يجب تحديد أعماق الجسات بحيث تزيد من نصف إلى مرة وربع الطول الأفقى لأسطح الميول فى الطبقات المتجانسة . وفى حالة ظهور الطبقات الرخوة فلا بد من الوصول إلى الطبقات الصلبة .
السدود وخزانات المياه	يجب الوصول بأعماق الجسات إلى نصف عرض قاع السدود الترابية أو من مرة إلى مرة ونصف وارتفاع السدود الخرسانية فى الطبقات المتجانسة ويمكن إنهاء الجسات بعد اختراق الطبقات الغير منفذة للماء مسافة من ٣ إلى ٦ متر إذا استمرت هذه الطبقات بأعماق كبيرة .



الاختبارات بالموقع وأنواعها

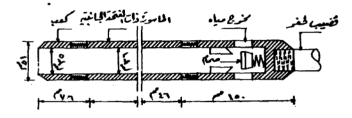
الفصل الأول

أنواع الاختبارات

أولاً اختبار الاختراق القياسى :

ظهر هذا الاختبار حوالى ١٩٢٧ وقد تم تطويره عن طريق شركة - رايموند كما تم نشر تفاصيله فى كتاب ترزاكى وبك ١٩٤٨ (Terzaghi and Peck1948) ويستخدم هذا الاختبار منذ حوالى ٦٠ سنة فى جميع أنحاء العالم وهو بذلك أكثر التجارب الحقلية استخداماً على الإطلاق وهو فى المقام الأول عبارة عن اختبار ديناميكى حيث تدق - الماسورة (المعلقة القياسية) (standard sampler) كما فى الشكل التالى لأخذ العينات التى تخترق التربة بواسطة الدق بثقل مقداره ٦٢,٥ كجم يسقط من أرتفاع حر مقداره ٠,٧٦ متر حتى يتم اختراق التربة لمسافة ٣٠سم عند العمق المراد فحصه .

وتسمى عدد الدقات اللازمة لاختراق هذه المسافة بمقاومة التربة للاختراق (ن) هذا بالاضافة إلى أن المعلقة تسمح باستخراج عينات مقلقلة للتربة عند العمق المراد فحصه مما يتيح تصنيف التربة .



شكل يبين ماسورة أخذ العينات ذات الفتحة الجانبية (الملعقة)

الإعداد للاختبار :

يجرى هذا الاختبار داخل الجسة وعلى ذلك يكون عمل الجسات وتجهيز الحفرة هما جزء من هذا الاختبار .

٣ - الحفر : يتم الحفر حتى العمق المراد فحصه وذلك باستخدام طرق عمل الجسات المذكورة بالجدول السابق (ا) مع مراعاة ما يأتى :

١ - فى حالة الحفر بالغسيل يجب استعمال لقمة حفر ذات فتحات جانبية للمياه ولا يسمح باستخدام لقم الحفر ذات فتحات سفلية .

٢ - عند استخدام طريقة الماسورة والبريمة فى الحفر shell and auger يجب ألا يتعدى قطر لقمة الحفر ٩٠٪ من القطر الداخلى لماسورة الجس (القيسون) أو قطر الحفرة فى حالة عدم استخدام القاسون لسند الجوانب .

٣ - يجب استخدام مواسير أو طين حفر (بنتونيت) فى حالة التربة القابلة للانهيار .

٤ - يتراوح قطر الحفر بين ٦٠مم إلى ٢٠٠ مم كحد أقصى وتفضل الأقطار الصغيرة أو بصفة عامة يجب أن يكون معدات الحفر مناسبة لعمل حفرة نظيفة نسبياً حتى يتم الاختبار على التربة غير مقلقلة بقدر الإمكان .

٤ - تجهيز الحفرة : .

أ - يجب تنظيف الحفرة بدقة عند منسوب الاختبار كما يجب أن تكون التربة عند هذا المنسوب غير مقلقلة .

ب - يجب المحافظة على منسوب المياه فى الحفرة بحيث يكون مساوياً لمستوى المياه الجوفية (أو أعلى قليلاً لتفادى أية ضغوط بيزومترية) وذلك لتفادى فوران الرمل فى الحفرة .

جـ - يجب سحب أجهزة الحفر ببطء لتفادى إضعاف التربة . (Loosening)

د - فى حالة الحفر داخل القاسون فإنه يجب عدم إنزال هذه المواسير تحت منسوب الاختبار .

الملعقة القياسية (standard spoon) .

تتكون الملعقة القياسية من أجزاء ثلاثة متصلة ببعضها ولها الأبعاد المبينة فى الشكل السابق حيث القطر الخارجى ٥١ مم (± ١مم) والحد الأدنى لطول الجزء الأوسط ٤٥٧مم ويتصل بالجزء الأوسط عند طرفه الأسفل كعب (لقمة الحفر) طوله ٧٦مم وعند طرفه العلوى بوصلة لتثبيت المواسير ويكون القطر الداخلى ٣٥ (± ١مم) ويمكن زيادة القطر الداخلى إلى ٣٨,١مم على أن يغلف من الداخل بغشاء بسمك ١,٥مم .

يجب أن تكون لقمة الحفر من الصلب المقوى ومعدة بقلاوظ بحيث يمكن استبدالها عند اللازم ويجب ألا يسمح لها بأى انثناءات كما يجب أن تكون حافتها مشطوفة وليست حادة .

ويمكن استخدام مخروط (٦٠°) من الصلب بدلاً من هذه القطعة لاستخدامه فى التربة الزلطية .

ويجب أن يكون الجزء الأوسط لماسورة الحفر من الصلب بحيث تسهل صيانته ومراقبته ويجب أن تحتوى الوصلة العلوية على أربعة فتحات بقطر ١٣مم لخروج الهواء أو الماء أثناء الدق كما تحتوى على صمام صلب ٢٥مم لغلق فتحة لا يقل قطرها عن ٢٢مم . كما فى الشكل السابق .

ثانياً : اختبار الدق : Penetration test

يتم إنزال الملعقة حتى نهاية الحفرة وتسجل المعلومات التالية :

١ – قطر وطول القضبان المستخدمة .

٢ – العمق حتى نهاية الحفرة .

٣ – منسوب المياه (أو طين الحفر) فى الحفرة .

٤ – نوع المخترق وهل هو ملعقة قياسية أو ماسورة تنتهى بمخروط .

٥ – طراز القضبان (الوزن للمتر الطولى) .

٦ – مقدار اختراق الجهاز فى التربة تحت تأثير وزنه ووزن القضبان (إذا وجد) .

٧ – طراز المطرقة .

ب – دق الملعقة يتم على مرحلتين : فى المرحلة الأولى يتم اختراق ٠,١٥ متر بما فيها الهبوط نتيجة الأوزان الذاتية وإذا لم يتحقق ذلك بعد ٥٠ دقة فيجب التوقف . وفى المرحلة الثانية يتم اختراق ٠,٣٠ متر ويكون عدد الدقات اللازمة لذلك هى مقاومة الاختراق المطلوبة (ن) وفى حالة زيادة (ن) عن ١٠٠ (فى حالة استخدام المخروط) أو عند ٥٠ (فى حالة استخدام الملعقة) فيجب إيقاف التجربة ويجب ألا يتعدى معدل الضرب بالمطرقة ٣٠ دقة فى الدقيقة ويتم تسجيل عدد الدقات لكل ١,٥ متر عمق .

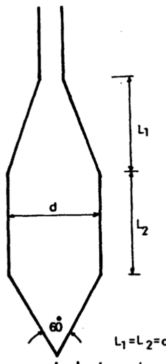
ثالثاً : تجربة الاختراق بالمخروط :

تجارب الاختراق بالمخروط من التجارب الشائعة فى مجال ميكانيكا التربة وهناك العديد من هذه التجارب وفى هذه المواصفات - يقتصر على ذكر تجربة الاختراق بواسطة المخروط الديناميكى والمخروط الاستاتيكى المعروف باسم المخروط الهولندى .

أ – تجربة الاختراق بالمخروط الديناميكى :

المخروط الديناميكى جهاز خفيف صغير الحجم ويصلح للاستخدام بصفة خاصة فى المساحات الكبيرة . وقد استخدم هذا الجهاز أصلاً لاختبار جودة دمك التربة غير المتماسكة (الرملية) ويستخدم حالياً لتحديد منسوب الطبقات - ومقاومتها وكذلك خواص التربة مع العمق عند مكان الاختبار كما يستخدم فى تصميم الأساسات الخازوقية وحساب قوى تحمل الأساسات السطحية وفى هذه التجربة يتم دق مخروط مثبت فى نهاية قضبان معينة وذلك بمطرقة ذات وزن وسقوط محددين .

وتكون جهاز الاختراق الديناميكى من رأس مخروطية الشكل من الصلب المقوى بزاوية رأس قدرها ٦٠° كما فى الشكل التالى حيث إن قطر المخروط الخفيف ٢٥,٦مم وأما المخروط الثقيل فقطره ٤٣,٧مم والمتوسط قطره ٣٥,٦مم .



أبعاد الرأس المخروطية لجهاز الاختراق الديناميكى

ب – اختبار المخروط الاستاتيكى (المخروط الهولندى) .

الغرض من هذا الاختبار هو تحديد مقاومة الاختراق الناشئة من الدفع الرأسى لمخروط مثبت فى نهاية قضبان داخل التربة المراد اختبارها ويعرف أحياناً بالمخروط الهولندى وتستخدم نتائجه فى تحديد مقاومة التربة الطينية وفى تصنيف التربة كما يستخدم بكثرة فى تصميم الخوازيق وحساب قوى تحمل التربة وهبوط الأساسات .

المعدات :

أ - يعتمد الاختبار على الدفع إلى أسفل المخروط من الصلب له زاوية رأس مقدارها ٦٠ درجة وقطر ٣٥,٧٠ مم ليعطى مقطع لمساحة قاعدته مقدارها ١٠سم٢ .

ب - يتصل المخروط بقضبان من الصلب بقطر ١٥مم وهذه القضبان تنزلق داخل مواسير خارجية من الصلب ذات جدران سميكة وتسمى بقضبان الدفع بحيث يتراوح الخلوص بينهما من ٠,٥ إلى ١مم ويجب أن يكون القطر الخارجي لقضبان الدفع مساوياً لقطر المخروط ٣٥,٧مم وذلك لمسافة ٠,٤٠م على الأقل من أعلى قاعدة المخروط أو ٠,٢م من أعلى أكمام الاحتكاك كما يلاحظ تساوى أطوال كل من قضبان الدفع والقضبان الداخلية .

جـ - يوجد طرازان أساسيان لهذه المعدات هى :

١ - مقدمة اختراق تلسكوبية ميكانيكية .

٢ - جهاز اختراق كهربائى ومقاييس انفعال كهربائية مثبتة فى مقدمة غير تلسكوبية لقياس معاملات مقاومة الاختراق .

د - تم تصميم المخروط من النوع الميكانيكى على أساس قياس قوة تحمل التربة والمسماة بمقاومة الاختراق خ س q_c كما يمكن قياس الاحتكاك الجانبى المعرض إليه المخروط عند منسوب الاختبار ك ج F_s وذلك بإضافة ما يسمى بأكمام الاحتكاك الإضافية (مساحة سطحها ١٥٠سم٢) ويعرف هذا الطراز بمخروط الاختراق الاحتكاكى ، وتقاس هذه المعاملات عند سطح الأرض بواسطة أجهزة قياس مناسبة كهربائية أو ميكانيكية .

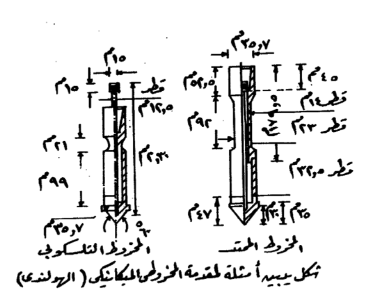
خطوات إجراء الاختبار : -

أ) مخروط الاختراق الميكانيكى :

١) يتم دفع القضبان (قضبان الدفع) والمتصلة بجهاز الاختراق فى التربة وحتى منسوب الاختبار .

٢) يتم دفع المخروط استاتيكياً بمعدل ٢٠مم/ثانية بواسطة القضبان الداخلية لمسافة لا تقل عن ٣٠,٥مم ويتم قياس مقاومة الاختراق خ س q_c أثناء الحركة الاستاتيكية للقضبان الداخلية بالنسبة إلى قضبان الدفع (القضبان ثابتة عند عمق الاختبار فى هذه الحالة) .

٣) يتم تحريك قضبان الدفع لأسفل حتى تتلامس مع القاعدة المخروطية ويأخذ الجهاز شكله التلسكوبى ثم تدفع المجموعة حتى منسوب اختبار جديد ثم يعاد إجراء الاختبار كما سبق ذكره على ألا تزيد المسافة بين منسوبى الاختبار عن ٢٠٠مم وقد تصل فى بعض الحالات الخاصة إلى ١٠٠مم كما فى الشكل التالى



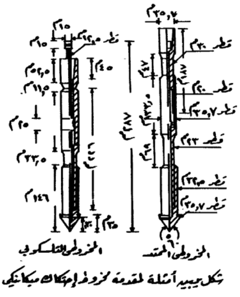
شكل يبين أمثلة لمقدمة المخروط الميكانيكى (الهولندى)

ب) مخروط الاختراق الاحتكاكي :

١) يماثل هذا الاختبار اختبار مخروط الاختراق غير أنه يقيس مقاومتين بدلاً من مقاومة واحدة أثناء دفع المخروط .

٢) نحصل أولاً على مقاومة الاختراق خ س q_c أثناء المرحلة الأولى من الاختبار كما هو موضح بالخطوات ١ ، ٢ من الطريقة السابقة .

٣) عند وصول طرف المخروط إلى أقصى عمق له يتم سحب أكمام الاحتكاك معه عند دفع القضبان الداخلية ويتم قياس المقاومة الكلية للمخروط وأكمام الاحتكاك ثم يتم حساب مقاومة احتكاك - الأكمام ك ج F_s وذلك بطرح قيمتى المقاومة كما فى الشكل التالى



شكل يبين أمثلة لمقدمة مخروط احتكاك ميكانيكى

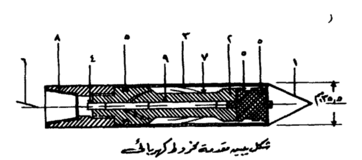
ج) مخروط الاختراق الكهربائى :

١) مقدمه مخروطية (١٠سم٢) . ٢) خلية أحمال .
٣) غلاف حامى . ٤) جلبة مانعة للمياه .
٥) حلقات . ٦) كابل .
٧) مقاييس انفعال . ٨) اتصال بالقضبان .
٩) مقياس الميول – انكلونومتر .

أ) تسجل القراءات الابتدائية ورأس المخروط معلقاً تعليقاً حراً فى الهواء بعيداً عن أشعة الشمس .

ب) تسجل مقاومة الاختراق وكذلك مقاومة الاحتكاك وباستمرار مع العمق أو تسجل القراءات كل مسافة لا تزيد عن ٢٠٠م .

ج) يجب التأكد بعد انتهاء الأختبار من القراءات الابتدائية كما فى الشكل التالى



شكل يبين مقدمة مخروط كهربائى

طريقة مقياس الضغط للتربة :

مقدمة : مقياس الضغط للتربة عبارة عن تجربة تحميل استاتيكى تتم فى الموقع داخل حفرة وذلك بواسطة مجس أسطوانى وتستخدم هذه التجربة بكثرة – خاصة فى أوربا منذ ١٩٦٠م ومقاييس ضغط التربة المختلفة المستعملة حالياً هى :

أ) المقياس الاعتيادى : The standred pressuremeter

ب) مقياس ضغط التربة ذاتى الحفر Self boring pressuremeter

ويقيس هذا الإختبار معاملات الإجهاد والانفعال فى التربة فى حالة الانفعال ذى المستوى الواحد stress- strain parameter in plane- strain conditions ويمكن استخلاص المعاملات الآتية بصفة خاصة من هذا الاختبار :

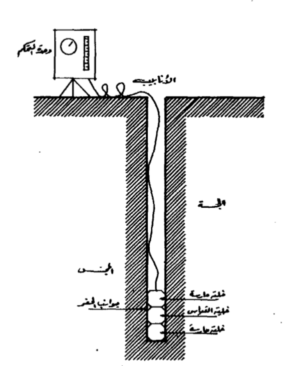
١) معامل مقياس الأنفعال : pressuremeter deformation modulus ويرمز له E_p الذى يعبر فى الواقع عن مرونة التربة والذى يستخدم لحساب قيم الهبوط الرأسى والأفقى الفورية وكذلك عديد من القيم الأخرى المطلوبة .

ب) أقصى إجهاد قص للتربة لحساب قوة تحمل التربة .

ج) الإجهاد الأفقى الكلى σ_{ho} لحساب معاملات ضغط التربة عند السكون لحساب ضغوط التربة الأفقية اللازمة لكافة التصميمات الهندسية .

د) ضغط المياه فى الفراغات الذى يتولد نتيجة تمدد الفجوة نتيجة لإجراء التجربة وقيم هذا الضغط تستخدم فى العديد من التطبيقات خاصة لإيجاد قيم معاملات التدعيم مثل المعاملات C_v & m_v للتربة الطينية .

المعدات : تتكون جميع أنواع أجهزة مقاييس ضغط التربة من ثلاثة أجزاء رئيسية كما فى الشكل التالى وهى المجس Probe ووحدة التحكم Control unit والأنابيب Tubing والفرق الأساسى بين الأطرزة والأنواع المختلفة هى فى مفهوم وعمل المجس .



شكل يبين جهاز مقياس الضغط للتربة

أ) **المجس** : يتكون المجس من جسم أسطوانى مكون من ثلاثة خلايا مستقلة وعلى استقامة واحدة وتغطى هذه الخلايا بغشاء مطاطى . وتسمى الخلية المتوسطة خلية القياس وتسمى الخليتان الأخريتان بالخليتين الحارستين اللتين تتضمنان حالة الانفعال ذى مستوى واحد للخلية المتوسطة وتتعرضان لنفس الضغط التى تتعرض له خلية القياس واستخدام مقياس ضغط ذو خلية واحدة يعتبر خاطئاً نظراً لتعرض هذه الخلية لتأثيرات الحدود End- effects التى تؤثر فى القياسات .

ب) وحدة التحكم فى الضغط والحجم :

تثبت هذه الوحدة على سطح الأرض بجوار الجسة (الحفرة) ومهمتها التحكم ومراقبة وتسجيل انتفاش المجس . ويكون مصدر الضغط عبارة عن أسطوانات من الغازات المضغوطة وتتم مراقبة وتسجيل سريان المياه لخلية القياس بواسطة أسطوانة مدرجة تسمى بمقياس الحجوم volumeter ويتم التحكم فى الضغط على مقياس الحجوم بواسطة منظم للضغوط تتم قراءته بواسطة مقياس للضغط Pressure gauge ذو حساسية مناسبة . كما يمكن قياس قطر المجس بواسطة مقاييس انفعال كهربية Electrical transducers .

ج) **الأنابيب** : تصل الأنابيب ما بين وحدة التحكم – على سطح الأرض – والجبس عند منسوب الاختبار فى الحفرة وذلك لتوصيل المياه والغازات بينهما .

طريقة وضع المجس فى التربة :

يمكن وضع المجس فى التربة بإحدى الطرق التالية :

١) بواسطة وضعه فى المنسوب المطلوب بعد عمل الحفرة .
٢) بواسطة دفعه من أعلى مباشرة حتى المنسوب المطلوب .
٣) بواسطة المجس ذاتى الحفر كما فى الشكل التالى

الطريقة الأولى (وضع المجس بعد عمل الحفرة) : Preboring

عمل الحفرة يعتبر جزء أساسى ومهم من تجربة مقياس الضغط وتؤثر جودة عمل الحفر تأثيراً كبيراً على دقة النتائج وصحتها . ويجب المحافظة على تلامس المجس مع جوانب الحفرة أثناء إجراء التجربة باستمرار .

ويجب اتباع النصائح التالية للحصول على أفضل النتائج لأنواع التربة المختلفة :

١) فى حالة الطين الذى يتراوح قوامه من الطرى جداً حتى الجامد يتم الحفر بالبريمة اليدوية بطريقة جافة وبدون استخراج للعينات منعاً للقلقلة .

٢) فى حالة الطين ذو القوام الجامد أو الجامد جداً يتم الحفر المستمر بالبريمة المستمرة Continous flight auger كما يجب مراعاة لف البريمة فى نفس اتجاهها فى الحفر عند سحبها لأعلى ببطء .

٣) فى حالة الرمل يتم الحفر باستخدام قطعتى الحفر المسماه بالقطعة ذات المقدمة المفلطحة Blunt nose drill ويستخدم طين الحفر (البنتونيت) فى هذه العملية .

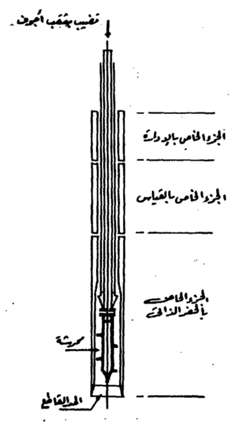
٤) فى حالة الصخور الضعيفة والمتعرضة لعوامل التعرية تستخدم فى الحفر البريمة المستمرة أو يتم الحفر بالكور Core drilling مع استخدام طين الحفر (البنتونيت) .

ب) الطريقة الثانية (دفع المجس هيدروليكياً أو مباشرة من سطح الأرض حتى المنسوب المطلوب للتجربة Jacking or direct insertion. تستخدم هذه الطريقة غالباً فى التربة الغير متماسكة ذات الحبيبات الكبيرة الحجم نسبياً كالرمل الحرش والزلط نظراً لصعوبة عمل حفرة بالكفاءة المطلوبة .

وفى هذه الحالة تتم وحماية المجس بواسطة أنبوبة (غلاف) ذات فتحات تتصل من أعلى بمواسير الحفر ويتم الحفر ويتم نفخ المجبس داخل الأنبوبة ذات الفتحات بحيث يتم قياس قوتها قبل الإدخال فى التربة .

ج) **الحفر الذاتي للمجس** : كما فى الشكل التالى : self-boring probe

إنزال المجس وهو مزود عند نهايته السفلية بماسورة أخذ العينات ذات جدران قليلة السمك وذلك بمعدل ثابت يتم قلقلة التربة بواسطة مطحنة grinder خاصة بحيث تدفع هذه التربة (وهى فى حالة معلقة (Suspension) من داخل الجهاز ولأعلى) .



شكل يبين المجس ذاتى الحفر

طريقة إجراء التجربة

أ) **إعداد المجس** : قبل وضع المجس فى مكان التجربة يجب عمل الخطوات الآتية :

١) يجب تشبيع الأنابيب ووحدة التحكم وخلية قياس ضغط المياه فى الفراغات والعمل على سريان المياه بهم للتخلص من كافة فقاعات الهواء .

٢) يجب نفخ المجس بالضغط فى الهواء عدة مرات للتحقق من أن قوة غشاء المجس ثابتة وذلك لمعايرة هذا الغشاء .

٣) يتم ضبط مقياس الحجوم بحيث تكون القراءة صفراً عندما يكون حجم المجس هو الحجم القياسى المبدئ .

ب) **الاختبار** :

١) فى قياس الضغط العادى (أو القياسى) يتم الاختبار بزيادة الضغط فى المجس على فترات ثابتة بحيث يتعرض المجس لقيمة ضغط (أو قيمة إجهاد) ثابتة ومستقرة لمدة دقيقة واحدة .

٢) ويتم قياس ومراقبة التغير فى حجم المجس بواسطة قياس سريان المياه لداخل المجس بعد مضى ١٥ ثانية ثم ٣٠ ثانية ثم دقيقة واحدة .

٣) زيادة الضغط فى المجس على مراحل يتراوح عددها بين ٨ : ١٤ وبذلك يستمر الاختبار من حوالى ١٠ دقائق إلى حوالى ١٥ دقيقة .

٤) ويعتبر الاختبار منتهياً عندما تضخ كل المياه الموجودة فى مقياس الضغط إلى المجس (أى إلى خلية القياس بالمجس) أو عند الوصول إلى مستوى الضغط المطلوب .

٥) يستحسن إجراء الاختبار على أعماق كل حوالى ١ متر للحصول على تقييم جيد للطبقة .

التصحيحات :

أ) يجب تصحيح نتائج الاختبار بحساب فواقد الضغط والحجوم التى تحدث فى أجزاء المقياس المختلفة .

ب) يجب تصحيح مقدار الضغوط التى يتعرض لها المجس ، حيث إن مؤشر مقياس الضغط يشير إلى مقدار أقل من الضغط الحقيقى على المجس وذلك نتيجة الضغط الهيدروستاتيكى داخل الأنابيب .

جـ) يكون حجم المياه المسجل فى مقياس الحجوم V_o أكبر من حجم المجس الفعلى نتيجة تمدد الأنابيب .

د) توقع النتائج بعد تصحيحها – على هيئة منحنى حجوم – ضغوط كالمبين فى الشكل التالى ويوقع على نفس المنحنى معايرة المجس لإجراء التصحيح اللازم بسهولة .

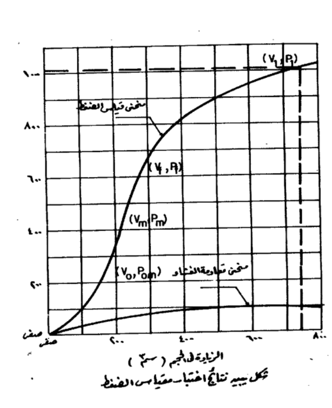
الضغوط الأساسية : يمكن تحديد قيم ثلاث ضغوط أساسية لطبقة التربة المختبرة .

أ) **الجزء الأول** : فى الجزء الأول من المنحنى يزداد حجم المجس بزيادة الضغط حتى تصل قيمة الضغط إلى P_{om} وهى تساوى نظرياً قيمة الإجهادات الأفقية الموجودة أصلاً بالتربة قبل الحفر P_{ho} وعندما يكون حجم السائل بالمجس مساوياً Vo حيث $(V_o = V_c + V_o)$

وتعتبر النقطة P ذات الإحداثيات (P_{om} و V_o) نهاية تلك المرحلة وهذا الجزء لا يظهر فى حالة المجس ذاتى الحفر .

ب) **الجزء الثانى** : بزيادة قيمة الضغط عن P_{om} يحدث زيادة فى الحجم تتناسب خطياً مع الزيادة فى الضغط وتعتبر ممثلاً للتحميل المرن أو الشبه مرن ، وتنتهى تلك المرحلة الخطية .

أ ب) عندما يصل قيمة الضغط إلى ضعف الزحف P_f كما فى الشكل التالى



الزيادة فى الحجم (سم٣)

شكل يبين نتائج اختبار مقياس الضغط

جـ) **الجزء الثالث** : بزيادة قيمة الضغط عن P_f يحدث زيادة سريعة فى الحجم معبرة عن حدوث انهيارات حول المجس وتسمى المرحلة بالمرحلة اللدنة ومع زيادة الضغط يقترب المنحنى من ضغط ثابت assymptotic limit يعرف بالضغط الحدى limit pressure (P_l) وهو الضغط اللازم لمضاعفة الحجم الأصلى للفجوة $2V_o$ وفى كثير من الأحيان لا يمكن الوصول إلى قيمة الضغط الحدى P_1 مباشرة وذلك نظراً لأن

كمية السائل بالجهاز محدودة وفى هذه الحالة يمكن حساب قيمة الضغط الحدى باستخدام قيمة ضغط الزحف علماً بأن العلاقة التجريبية التى تربط بينهما هى $.5 < \frac{P_f}{P_1} < 0.75$

ويحدد معامل مقياس الانفعال للتربة Ep من الجزء الخطى بالمنحنى للشكل السابق باستخدام العلاقة

$$= E_p = 2(1 + \upsilon)(V_c + V_m) \frac{\triangle P}{\triangle V}$$

حيث :

$\frac{\triangle P}{\triangle V}$ = ميل الجز الخطى من المنحنى .

Vm = حجم السائل المندفع فى المجس عندما يكون الضغط مساوياً $\frac{P_{om} + P_f}{2}$

Vc = حجم الخلية الوسطى عندما يكون قراءة مقياس الحجوم صفر .

υ = نسبة بواسون وتكون مساوية ٠,٣٣ وفى هذه الحالة تتساوى $E_p = E_m$

E_m معامل المرونه طبقاً لمينارد . menard

طريقة عرض النتائج :

تعرض نتائج لمقياس الضغط للتربة على شكل منحنيات توضح التغيير فى العمل مع معامل مقياس الانفعال E_p وقيمة ضغط الزحف P_f وقيمة الضغط الحدى P_1 هذا ويفضل إجراء الاختبار كل متر حتى يمكن معرفة نوع وخواص الترسيب الذى يجرى خلاله الاختبار .

تسجيل المعلومات لكل اختبار .

أ) الموقع ورقم الجسة والعمق الذى تم عنده إجراء الاختبار .

ب) تسجيل نوع الجهاز المستخدم .

جـ) تحديد قطر الجسة فى حالة المقياس الاعتيادى مع تحديد طريقة الحفر المستخدم وكيفية سند جوانب الحفر .

ويمكن تصنيف التربة باستخدام النسب بين قيم الضغط الحدى ومعامل مقياس الانفعال كما يلى :

نوع التربة	النسبة E_m / P_1
رمل مشبع سائب جداً إلى سائب	٤–٧
رمل مدمـوك	٧–١٠
تربة طينية لينة إلى متماسكة	٨–١٠
تربة طينية جامدة إلى جامدة جداً	١٠–٢٠
اللويـس	١٢–١٥

كما يمكن استخدام قيمة الضغط الحدى لتحديد مقدار تحمل التربة للإجهادات ، وذلك لتصميم الأساسات السطحية والعميقة باستخدام العلاقة :

$$q_a = \frac{(P_1)_{net}}{K}$$

حيث :

$(P_1)_{net} = P_{om} - P_1 =$ الضغط الحدى الصافى

q_a = إجهاد التحميل الصافى .

K = معامل قدرة التحميل .

فى حالة الأساسات السطحية تكون قيمة K تقريباً ٣ بينما فى حالة الأساسات العميقة تكون تقريباً ١ .

ويمكن تحديد قيمة مقاومة الاحتكاك على وجه التقريب على جوانب الخوازيق باستخدام .

$$f - = \frac{(P_1)_{net}}{20}$$

الفصل الثانى

اختبار تحميل التربة (لوح التحميل) Plate loading test

تعتبر تجربة التحميل من أنسب التجارب لتقدير قوى تحمل التربة المتجانسة ومقدار الهبوط خاصه التربة التى يصعب استخراج عينات سليمة واختبارها كالرمال والطين المتشقق fissured clay كما يعتبر هذا الاختبار هو الاختبار الأمثل لاستخراج المعامل (K_s) (معامل رد فعل طبقة الأساس) وذلك لاستخدامه فى التصميمات فى مجال هندسة الأساسات والطرق والمطارات .

معدات الاختبار :

أ) يتكون جهاز التحميل من مصطبة من الخشب المتين — أو من المعدن للتحميل المباشر (كما فى الشكل التالى) (أ) أو عبارة عن إطار يربط بخطافات تثبت داخل التربة anchors مع جهاز تحميل هيدروليكى كما فى الشكل التالى (ب) ويجب أن يكون جهاز التحميل الهيدروليكى مصمماً بحيث تتم عملية التحميل وإزالة الحمل على مراحل وأن يكون مجهزاً بمقاييس انفعال ذات معايرة دقيقة لتقدير أحمال التجربة فى مختلف مراحلها ويجب ألا تكون المسافات بين الخطافات أقل من ٨ مرات قطر لوح التشغيل .

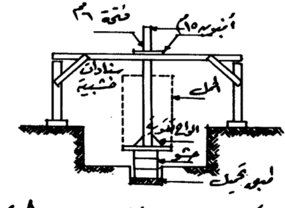
ب) يتكون لوح التحميل فى العادة من مربع طول ضلعه ٣٠ سم على الأقل أو مستدير بقطر ٣٠ سم أيضاً وبسمك ٢٥ مم .

جـ) كما يمكن فى حالة استخدام المقاسات المترية استخدام لوح (٧٠,٦ سم × ٧٠,٦ سم) .

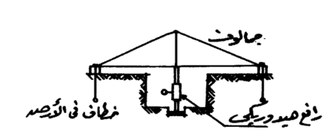
حيث مسطحه ١/٢ متر مربع وذلك لسهولة حساب الإجهادات . ويمكن استخدام ألواح ذات أبعاد أكبر (حوالى ٧٥سم) وسمك لا يقل عن ١٣م .

د) يجب ألا يقل عدد مقاييس الانفعال عن مقياسين بدقة ٠,٠٢ مم ويجب أن تثبت المقاييس على قائم خاص لإعطاء مستوى مستقل للقياسات .

هـ) يجب أيضاً توافر ميزان ومثبتات لمقاييس الانفعال وساعة ميقاتية



شكل يبين جهاز التحميل المباشر (أ)



شكل يبين رد فعل الاحمال بواسطة الجمالون (ب)

خطوات إجراء الاختبار :

إجراء الاختبار للحصول على قيم قوى تحمل التربة .

أ) يتم عمل حفرة بقطر أو اتساع لا يقل عن خمس أضعاف قطر أو اتساع لوح التحميل .

ب) يتم عمل حفرة داخل الحفرة الأولى بقطر أو اتساع لوح التحميل نفسه .

جـ) يتم وضع طبقة رقيقة من الرمل الرفيع بسمك ٠,٦ سم في الحفرة الصغرى ثم يوضع لوح التحميل بثبات قوى هذه الطبقة التى يمكن بها تفادى أية فروق في مناسيب قاع الحفرة ويستخدم الجبس فى بعض الأحيان لتثبيت ألواح التحميل .

د) يتم تحميل اللوح على مراحل بحيث يكون الحمل في كل مرحلة حوالى ١/٥ الحمل التصميمى المقترح ويكون أقصى تحميل للوح حوالى ٣ مرات هذا الحمل التصميمى .

هـ) يترك الحمل ثابتاً في كل مرحلة مع أخذ قراءات للهبوط على فترات كالآتى : بعد دقيقة واحدة ثم دقيقتين ثم خمس دقائق ثم عشرين دقيقة ثم أربعين دقيقة ثم بعد ساعة . وتتكرر قراءة الهبوط بعد ذلك كل ساعة حتى يصبح معدل الهبوط أقل من ٠,٠٢ مم/ دقيقة في التربة الطينية أو تتوقف قراءات الهبوط ثم يزداد الحمل إلى المرحلة التالية وهكذا .

و) يجب ملاحظة أن تثبيت الحمل يتم بسهولة إذا كان التحميل مباشراً . ولكن في حالة – التحميل الهيدروليكى فيجب ملاحظة إثبات الحمل باستمرار نظراً لأحمال تغيره فى هذه الحالة .

إجراء الاختبار للحصول على معامل رد فعل طبقة الأساس (لتصميم الأساسات والطرق والمطارات) :

أ) يستخدم فى هذا الاختبار ألواح مستديرة من الصلب بأقطار مختلفة (٣٠ سم و ٤٥ سم و ٧٦,٢ سم تقريباً) وترتب هذه الألواح على شكل هرمى لضمان جساتها .

ب) يستخدم جهاز التحميل الهيدروليكى ويكون مجهزاً للتحميل على مراحل وبقدرة حتى ١٥ طن .

جـ) فى حالة اختبار التربة فى الموقع يستحسن إزالة ٣٠سم من السطح فى مكان التجربة قبل تثبيت الألواح .

د) يستعمل عدد كاف من مقاييس الانفعال تثبت على بعد ٢٥ من المحيط على أن تؤخذ القيمة المتوسطة للقراءات على أنها قيمة الهبوط .

هـ) يتم تحميل الألواح بإجهاد تقريبى قدرة ٠,٠٧ كجم/سم٢ ثم يزال بعد عدة ثوانى ويعاد التحميل مرة أخرى بإجهاد يؤدى إلى هبوط حوالى ٠,٢ مم .

و) يزاد الحمل على الألواح حتى تسجيل هبوطاً مقداره حوالى ١ مم ويثبت الحمل حتى يصل معدل الهبوط إلى ٠,٠٢ م/ دقيقة وعندئذ يزال الحمل تماماً وتراقب أجهزة قياس الانفعال حتى يصل معدل الاستعادة recovery إلى ٠,٠٢ مم /دقيقة .

ز) يعاد التحميل وإزالة الحمل السابق بنفس الطريقة الموضحة عاليه عشر مرات مع تسجيل القراءات من مقاييس الانفعال بعد التحميل لكل مرة من المرات .

ح) يزاد الحمل ليعطى هبوطاً قدره ٢مم وتكرر الخطوات السابقة . ثم يزاد مرة أخرى ليعطى ٥مم و ١٠مم مع اتباع ما جاء فى الخطوات (د – و) من نفس البند .

التقرير :

يجب أن يحتوى التقرير على :

أ) القراءات المستمرة لكل من الحمل والهبوط ودرجات الحرارة .

ب) تاريخ إجراء الاختبار وحالة الطقس .

جـ) أى ظروف غير عادية طرأت أثناء التنفيذ .

حساب نتائج الاختبارات :

حساب نتائج اختبار قيم قوى تحمل التربة :

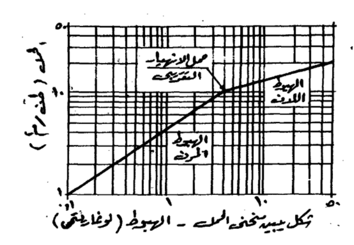
أ) توقع نتائج الاختبار على منحنى (أحمال – هبوط) .

ب) القيمة القصوى لتحميل التربة إما أن تقع عند نقطة انهيار يمكن تحديدها على المنحنى أو عند قيمة تقديرية للهبوط (حوالى ١/٥ قطر أو ضلع اللوح) وذلك فى حالة صعوبة تحديد قيمة انهيار من المنحنى .

جـ) توقيع المنحنى لوغاريتمياً هى الطريقة الأفضل لتحديد نقط الانهيار حيث يختصر المنحنى إلى شبه خطين مستقيمين نعتبر النقطة التخيلية لتلافيهما هى نقطة الانهيار كما فى الشكل لتالى وتكون هذه النقطة ممثلة لأقصى قوة تحمل للتربة المختبرة .

وباستعمال معامل أمان يتراوح ٢ إلى ٣ يمكن الحصول على نوة تحمل التربة التصميمية .

د) بالنسبة للتربة الطينية المشبعة بالمياه فإن قيمة قوة تحمل لتربة الناتجة من اختبار التحميل تعتبر قوة تحمل قواعد لأساسات بصرف النظر عن اختلاف الأبعاد ، أما بالنسبة للتربة رملية غير المتماسكة فإن هذه القيم تتناسب مع عرض الأساس ناسباً خطياً بالتقريب . ويلزم لحساب قوة تحمل التربة في هذه لحالة أن يجرى أكثر من اختبار تحميل بمقاييس مختلفة للألواح , استنتاج قوة تحمل قواعد الأساسات من نتائج التجارب طبقاً لقاعدة التناسب .



شكل يبين منحنى الحمل – الهبوط (لوغاريتمى)

حساب نتائج اختبار معامل رد فعل طبقة الأساس :

أ) يجب معايرة جهاز الضغط الهيدروليكى قبل التجربة ويضاف إلى الحمل الذى بينه الجهاز مقدار ووزن لوح التحميل ووزن الجهاز نفسه للحصول على حمل الاختبار .

ب) عند كل مرة تحميل يحسب الهبوط مناظر لحمل الاختبار وهو الهبوط الذى يكون عنده معدل الهبوط مساوياً ٠,٠٢ مم لكل دقيقة .

جـ) ترسم العلاقة بين عدد مرات التحميل وقيمة الهبوط عند كل حمل . كما يمكن رسم منحنى مناظر لعدد مرات التحميل وقيمة الهبوط المتبقية .

و) تحسب مما سبق قيمة الإجهاد عند أى قيمة للهبوط وتؤخذ فى العادة عند ١,٣ مم بعد عشر مرات من تكرار التحميل ، ويحسب معامل رد فعل طبقة الأساس ويكون فى هذه الحالة مساوياً :

$$K_s = \frac{P}{S}$$

حيث :

K_s = معامل رد فعل طبقة الأساس (كجم/سم٣) .

P = الإجهاد (كجم/سم٢) .

S = الهبوط (سم) .

ملاحظات :

أ) فى حالة التربة غير المتماسكة (الرملية) أو المتماسكة (الطينية) يجب إجراء التجربة مرتين على الأقل للتأكد من توافق النتائج ولكن فى حالة التربة الرملية يزداد عدد الاختبارات إلى ثلاث مع استخدام ألواح أبعاد مختلفة وتكون الألواح بنفس الشكل (مستديرة أو مربعة) .

ب) يلاحظ أن لمنسوب المياه الجوفية أثراً كبيراً فى تحديد قيم قوى تحمل التربة ولذلك يجب إجراء اختبار التحميل عند منسوب المياه الجوفية إذا كان هذا المنسوب فى حدود ١ متر أسفل منسوب التأسيس .

جـ) يجب عمل برنامج اختبارات فى الموقع للتأكد من المعلومات المستنتجة من تجارب التحميل وذلك بعمل جسات ومجسات حتى أعماق كافية ومتناسبة مع نوع الأساسات المستخدمة .

وفى حالة طبقات التربة التى تتغير خواصها تغيراً سريعاً نسبياً فإن استخدام اختبارات التحميل لتقدير الهبوط يعتبر فى هذه الحالة غير مناسب ويجب حساب الهبوط باستخدام نتائج الاختبار معملية (أو أي اختبارات حقلية مناسبة) على عينات غير مقلقلة من طبقات التربة المختلفة .

د) فى حالة وجود طبقة سطحية قوية نسبياً ولكنها طبقة ضعيفة فإن نتائج اختبار التحميل سوف تعطى قيماً أكبر من اللازم لقوى تحمل التربة فى الموقع وقيم هبوط أصغر من الواقع وذلك لعدم إدخال تأثير الطبقة الضعيفة فى الاعتبار .

هـ) لا تبين نتائج اختبار التحميل قيم الهبوط الناتج عن تدعيم التربة نظراً لقصر زمن إجراء التجربة . مع العلم أن هذا الشق من الهبوط هو الغالب فى حالة الطبقات المتماسكة .

و) يجب ألا ينقضى زمن طويل بين الحفر وبين إجراء الاختبار ويجب حماية الحفرة من الأمطار ومن التغييرات فى المحتوى المائى للتربة .

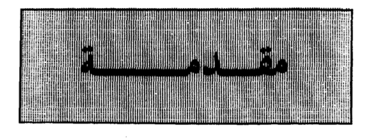
ز) يمكن تعرض اللوح لضغط بسيط حوالى ٠,١ كجم/سم^{٢} ثم إزالته قبل إجراء الاختبار الأساسى وذلك فى حالة عدم استواء قاع الحفر .

حـ) يجب الاهتمام بألا يتعرض اللوح للانحراف أو الانحناء عند تحميله .

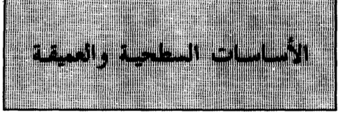
ط) يجب حماية أجهزة قياس الهبوط من أشعة الشمس .

الجــزء الثانى

الأساسات السطحية والعميقة







الأساسات السطحية Shallow Foundation

الأساس هو حلقة الاتصال بين المنشأ والتربة التى تحمل هذا المنشأ والأساس مسئول عن نقل أحمال المنشأ بطريقة آمنة إلى التربة بحيث لا ينتج عن هذه الأحمال تحرك ضار للتربة أسفل الأساس أو حوله وتمثل الأساسات السطحية القطاع الأكبر للأساسات وتنقسم الأساسات السطحية إلى ثلاثة أبواب :

الباب الأول : ويشمل اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات ويتكون من الأحمال الميتة والحية ، وتخفيض الأحمال الإضافية وقوة تحمل التربة وملاحظات عامة على التأسيس وأنواع التربة ذات المشاكل وخصائصها وطريقة تثبيت التربة .

الباب الثانى : ويشمل التأسيس على الصخر ، التقسيم العام للصخور ، وقدرة تحمل الصخور ، التأسيس فى حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قريب منها والتأسيس السطحى لفندق المقطم على الصخر .

الباب الثالث : ويشمل على جميع أنواع القواعد المشتركة لثلاثة أعمدة أو عامودين أو عامودين أحدهما ملاصق للجار سواء أكانت القاعدة مستطيلة أو شبه منحرف أو كمرة بين العامودين أو بدونها ، القواعد الكابولية rectangular mono-cantilever أو strap footing والأساسات الشريطية والأساسات المستمرة سواء أكانت لبشة عادية أو على كمرات وبلاطات أو بنظام الكمرات الرئيسية والكمرات الثانوية والبلاطات ، وقد تم حل أربعة عشر مثال كامل بالرسومات التنفيذية ووسيلة الإيضاح مع شرح واف بطريقة استعمال أى نوع ومدى صلاحيته من ناحية التربة والمنشأ الخرسانى .

الباب الرابع : الأساسات العميقة :

تستعمل الأساسات العميقة فى حالة عدم إمكانية اختيار الأساس السطحى لتواجد طبقات سطحية أو لأعماق محدودة ذات صفات ميكانيكية سيئة كأن تكون شديدة الانضغاط أو ذات مقاومة قليلة القص أو لعدم أحمال غير عادية تحتاج إلى مقاومة كبيرة مثل أحمال الأبراج والكبارى أو وجود أحمال جانبية كبيرة فى هذه الحالات يجب استعمال الأساسات العميقة .

ويشمل على جميع أنواع الخوازيق المستخدمة بجمهورية مصر العربية وعددها أربعة عشر سبعة منهم خوازيق تصب مكانها وتعتمد على الدق وسبعة أخرى لا تعتمد على عملية الدق بخلاف الخوازيق الخشبية وخوازيق الصلب المدرفلة وقدرة تحمل الخوازيق وقدرة تحمل الخوازيق بالصيغة النظرية فى جميع أنواع التربة والصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق والمعادلة الموجبة لتحليل بيانات دق الخوازيق واختيارات التحميل وهبوط الخوازيق والاستبدال الاهتزازى للتربة الطينية والرملية والقيسونات بجميع أنواعها والدعائم ومشروع نافورة النيل . والله الموفق



اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات

سبق أن تكلمنا فى الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة لإنشاء المبانى والمرافق العامة وكذلك فى الجزء الأول من المنشأة المعمارية عن بعض الأساسات ولكن أطلب من الله التوفيق عن القاء الضوء على بعض المعلومات المهمة باختصار والتى تأخذ فى الاعتبار قبل البدء فى شرح التفاصيل الدقيقة لتصميم بعض الحالات الخاصة للأساسات وتنحصر فى الآتى :

أولاً : الأحمال :

أ) لمعرفة قيمة الأحمال الميتة لمواد البناء التى يتكون منها المنشأ وأيضاً الأحمال الحية التى تؤخذ فى الاعتبار للأنواع المختلفة من المنشأ حسب الجداول الآتية :

(١) الأحمال الدائمة :

المادة	كجم / م^3
أولاً : مواد البناء :	
الخرسانة :	
خرسانة عادية	٢٢٠٠
خرسانة مسلحة	٢٥٠٠
خرسانة خفيفة	١٠٠٠ – ٢٠٠٠
خرسانة مهواة	٦٠٠ – ٩٠٠
خرسانة ثقيلة	٢٥٠٠ – ٥٥٠٠
خرسانة بركام البازلت	٢٣٠٠ – ٢٥٠٠
خرسانة بركام الفرن العالى	١٦٠٠ – ١٩٠٠
خرسانة بركام الطين المدد	٧٠٠ – ١٧٠٠
خرسانة عازلة ذات فراغات	٣٠٠ – ٦٠٠
الأسمنت	
أسمنت (سائب)	١١٠٠ – ١٢٠٠
كلنكر الأسمنت	١٥٠٠ – ١٨٠٠
الركام :	
زلط	١٧٠٠
رمل	١٥٠٠
خبث الأفران العالية :	
مبرد بالهواء	١٧٠٠
محبب	١٢٠٠
ركام الليكا (الطين المدد)	٢٠٠ – ٩٠٠
الحجر الخفاف	٣٥٠ – ٦٥٠

المادة	كجم / م^3
الفيرموكوليت المنقوش	٦٠ – ٢٠٠
الرماد المتطاير	٦٠٠ – ١١٠٠
الماء	١٠٠٠
إضافات الخرسانة :	
(سائلة) أو مسحوق	١٠٠٠ – ١١٠٠
أحجار البناء :	
أ) صخور نارية	
جرانيت	٢٨٠٠
بازلت (ديورويت – جابرو)	٣٠٠٠
بازلت (بركانى)	٢٤٠٠
الشيست	٢٦٠٠
ب) صخور رسوبية :	
الحجر الجيرى	٢٧٠٠
الرخام	٢٨٠٠
الحجر الرملى	٢٧٠٠
جـ) صخور متحولة :	
الأردواز	٢٨٠٠
الجنيس	٣٠٠٠
السربنتين	٢٧٠٠
الرخام	٢٧٠٠
طوب البناء :	
طوب أحمر	١٦٠٠ – ١٨٠٠
طوب مفرغ	١٤٠٠

المادة	كجم / م٣
طوب جيرى رملى مصمت	١٨٥٠
خفيف الوزن	٨٠٠-٧٢٠
طوب حرارى للأغراض المختلفة	
طين حرارى	١٨٥٠
سليكا	١٨٠٠
منجنيزيت	٢٨٠٠
كروم – منجنيزيت	٣٠٠٠
كورندم	٢٦٠٠
طوب مقاوم للأحماض	١٩٠٠
طوب زجاجى	٨٧٠
بلوكات البناء :	
بلوكات خرسانية	١٩٠٠ – ١٤٠٠
بلوكات خرسانية مفرغة	١١٥٠
بلوكات خرسانية ركام الليكا	٨٠٠-٦٠٠
بلوكات جبسية	٩٥٠
الجير :	
مسحوق الحجر الجيرى	١٣٠٠
كتل الجير المكلسة	١٣٠٠-٨٥٠
كتل الجير مطحونة	١٣٠٠-٦٠٠
الجير المكلس المطفى	١١٠٠
الجبس	١٠٠٠-٨٠٠
المونة :	
مونة الأسمنت	٢١٠٠
مونة الجير	١٨٠٠
مونة الأسمنت والجير	١٨٠٠ – ٧٥٠
مونة البيتومين بالرمل	١٧٠٠
مونة الجبس	١٨٠٠-١٤٠٠
الخشب ومنتجاته :	
(مجفف بالهواء – رطوبة ١٥٪)	
أ) خشب صلب	
زان	٦٨٠
قرو	٦٩٠
ب) خشب طرى	
بيتش باين	٥٧٠
خشب أبيض	٤٠٠
جـ) ألواح من ألياف خشبية	
صلدة	١١٠٠ -٩٠٠

المادة	كجم / م٣
متوسطة الصلادة	٨٥٠ -٦٠٠
عازل ذو فراغات	٤٠٠ -٢٥٠
خشب ذو فراغات	٤٠٠ – ٢٥٠
خشب أبلكاش مضغوط	٨٥٠ – ٧٥٠
ألواح ذات قلب خشبى	٦٥٠ – ٤٥٠
مواد بناء أخرى	
أسبستوس	٨٠٠
ألواح الأسبستوس الأسمنتى المتموجة	١٦٠٠
ماسورة أسبستوس أسمنتى	١٨٠٠
سيلتون	١٢٠
تربة جافة	١٧٠٠
تربة مبتلة	٢٠٠٠
أرضية مطاط	١٨٠٠
أسفلت	٣٢٠٠
بيتومين	١٤٠٠ – ١٠٠٠
قار	١٤٠٠ – ١١٠٠
بلاط أسمنتى	٢٤٠٠
بلاط موزايكو	٢٢٠٠
راتنج الأيبوكس :	
بدون مواد مالئة	١١٥٠
بمواد فلزية	٢٠٠٠
مع الفيبرجلاس	١٨٠٠
بلاط بلاستيك	١١٠٠
راتنج بوليستر	١٣٥٠
بوليثيرين	٩٣٠
ألواح ب . ف . س الصلدة	١٤٠٠
ألواح ب . ف . س للأرضيات	١٦٠٠
بلاط ب . ف . س للأرضيات	١٧٠٠
فيبرجلاس	١٨٠ – ١٦٠
صوف زجاجى	١١٠ – ١٠٠
صوف خشبى	٣٠٠ – ٢٠٠
فلين	٦٠
مصيص	١٥٠٠ -١١٠٠
ألواح زجاج	٢٥٠٠
زجاج بالسلك	٢٦٠٠
زجاج أكلريليك	١٢٠٠
بالات الكتان	٦٠٠
أكوام الجلد	١٠٠٠ – ٩٠٠

المادة	كجم / م٣
الورق	
فى أكوام	١٢٠٠
فى لفات	١١٠٠
المطاط :	
ملفوفة لمواد الأرضيات	١٣٠٠
خام بالات	١١٠٠
الصوف	
فى بالات	٧٠٠
مضغوط فى بلات	١٣٠٠

ثانياً : المواد المعدنية :

صلب	٧٨٥٠
حديد زهر	٧٢٥٠
ألومنيوم	٢٧٠٠
رصاص	١١٤٠٠ - ١٢٠٠٠
رصاص أحمر (مسحوق)	٨٠٠٠
نحاس أصفر	٨٣٠٠ - ٨٥٠٠
نيكل	٨٩٠٠
زنك مدلفن	٧٢٠٠
مغنسيوم	١٨٥٠
باريوم	٣٥٠٠
كوبالت	٨٧٠٠
فضة	١٠٥٠٠
مولبدينم	١٠٢٠٠
تيتانيوم	٤٥٠٠
يورانيوم	١٨٧٠٠
زركونيم	٦٥٣٠
حديد مطاوع	٧٨٥٠
حديد خام	٣٠٠٠
سلك ألومنيوم	٢٨٠٠
رصاص أبيض (مسحوق)	٩٠٠٠
نحاس	٨٧٠٠ - ٨٩٠٠
برونز	٨٤٠٠ - ٨٥٠٠
زنك مصبوب	٦٩٠٠
صفيح مدلفن	٧٢٠٠ - ٧٤٠٠
أنتيمون	٦٦٢٠

المادة	كجم / م٣
كادميوم	٨٦٥٠
ذهب	١٩٣٠٠
منجنيز	٧٢٠٠
بلاتين	٢١٣٠٠
تنجستين	١٩٠٠٠
فاناديوم	٥٦٠٠

ثالثاً : الوقود :

الفحم الفلزى	٩٠٠ - ١٢٠٠
فحم الكوك	٤٥٠ - ٦٥٠
فحم نباتى	٢٥٠
تراب الفحم	٧٠٠
الزيوت	
زيت الديزل	٨٠٠ - ١٠٠٠
زيت خام	٩٨٠
جازولين	٧٥٠ - ٨٠٠
بترول	٨٠٠
غازات سائلة :	
بروبين	٥٠٠
بيوتين	٥٨٠
الخشب :	
خشب صلد قطع	٤٠٠ - ٦٠٠
خشب قطع	٢٥٠
خشب صلد كتل	٥٠٠
خشب الحريق	٤٠٠
خشب كتل	٣٠٠

رابعاً : السوائل :

طلاء الزيت معلبة أو صناديق	١١٠٠
جليسرين	١٢٥٠٠
اللبن	
فى خزانات	٩٥٠ - ١٠٠٠
فى علب	٨٥٠
فى زجاجات	٧٠٠

المادة	كجم / م^3
العسل	
فى خزانات	١٣٢٠٠
فى علب	١٠٠٠
فى زجاجات	٦٠٠
حامض الهيدروكلوريك (٤٠٪ بالوزن)	١٢٠٠
حامض النتريك (٩١٪ بالوزن)	١٥٠٠
حامض الكبريتيك (٣٠٪ بالوزن)	١٤٠٠

خامساً : مواد غذائية :
ومنتجات زراعية :

الزبدة	
فى برميلات	٥٥٠
فى علب أو صناديق	٥٠٠ – ٨٠٠
سكر محبب	
فى غلاف ورق	٦٠٠
فى عبوات كبيرة	٨٠٠
سكر كتل فى غلاف ورق	٦٠٠
فى صناديق	٧٠٠
شاى باكوات	٤٠٠
بيض فى أوراق حاملة	٥٥٠
كاكاو فى عبوات	٥٥٠
دهون فى صناديق	٨٠٠
سمك فى براميل	٦٠٠
سمك معبأ	٨٠٠
فاكهة فى الصناديق	٣٥٠ – ٤٠٠
فاكهة مخزنة قطع	٥٠٠ – ٧٠٠
تبن مخزن بالات	١٥٠ – ٢٠٠
أذرة	٤٥٠
زبدة صناعى فى صناديق	٧٠٠
زبدة صناعى فى براميل	٥٥٠
لحوم مجمدة	٤٠٠ – ٧٠٠
بصل فى عبوات	٥٥٠
مخللات فى عبوات	٧٠٠
مشروبات فى زجاجات داخل صناديق	٨٠٠

المادة	كجم / م^3
أرز شعير (غير مقشر)	٥٠٠
أرز فى عبوات	٦٥٠
ملح فى أكوام	١٠٠٠
ملح فى عبوات	١١٢٠
نشا فى عبوات	٨٠٠
بن فى عبوات	٧٠٠
صابون بودرة فى عبوات	٦١٠
قمح	٨٠٠ – ٩٠٠
دقيق فى عبوات	٥٠٠
قش محزم فى بالات	١٧٠

سادساً : مواد أخرى :

كتب وسجلات فى أكوام	١٠٠٠ – ١١٠٠
ثلج على هيئة بلوكات	٨٥٠ – ٩٠٠
نسيج – أثواب	١١٠٠
سليولوز بالات	٨٠٠
بالات الأقمشة	٧٠٠ – ١٣٠٠
بالات اللباد	٥٠٠
بالات القنب	٤٠٠
بالات الجوت	٧٠٠

الأحمال الإضافية غير الديناميكية (الأحمال الحية)

نوع المنشأ	الحمل كجم / م٢
أ) أسطح نهائية :	
أفقية لا يوصل إليها (غير مستخدمة)	١٠٠
مائلة (زاوية الميل أكثر من ٢٠) لا يوصل إليها (غير مستخدمة)	٥٠
أفقية أو مائلة يوصل إليها فى مبانى سكنية	٢٠٠
أفقية يوصل إليها فى مبانى عامة	٤٠٠
ب) المبانى السكنية :	
غرف سكنية	٢٠٠
سلالم	٣٠٠
بلكونات	٣٠٠
جـ) المبانى الإدارية :	
غرف مكاتب	٣٠٠
سلالم	٤٠٠
بلكونات	٤٠٠
أرشيف (أوراق ومستندات تحت الحفظ)	٥٠٠ – ١٠٠٠
د) المستشفيات :	
غرف علاج المرضى	٣٠٠
سلالم طرقات	٤٠٠
بلكونات	٤٠٠
عنابر علاج المرضى	٤٠٠
غرف الجراحة	٣٠٠ – ٥٠٠
غرف الأشعة	٥٠٠ – ٨٠٠
هـ) المدارس :	
فصول تعليمية	٣٠٠
سلالم وطرقات	٤٠٠
معامل	٤٠٠
مكتبات	٥٠٠
صالات رياضية	٥٠٠
و) القاعات والصالات :	
القاعات والصالات ذات المقاعد الثابتة	٥٠٠
القاعات والصالات ذات المقاعد غير الثابتة	٦٠٠
ز) محلات البيع بالقطاعى :	٥٠٠ أو أكثر
محلات البيع بالجملة والمخازن (حسب نوع المواد المخزنة والآلات)	١٠٠٠ أو أكثر

نوع المنشأ	الحمل كجم / م²
حـ) الفنادق	
غرف النزلاء	٢٠٠
غرف للخدمة العامة	٤٠٠
السلالم والطرقات	٤٠٠
غرف الطعام والمطاعم	٤٠٠
ط) المكتبات :	
غرف الاطلاع	٤٠٠
غرف الحفظ للكتب	١٠٠٠
ل) الورش: يجب حساب الأحمال طبقاً لاستخدام المبنى بالإضافة إلى التأثير الديناميكى لاهتزاز الماكينات الذى يجب أن يوضع فى الاعتبار	
م) الجراجات :	
جراجات لعربات الركوب على ألا يزيد الارتفاع الصافى عند المداخل عن ٢,٤م	٣٠٠
جراجات لعربات الركوب والعربات السياحية والأتوبيسات	٤٠٠
الممرات للجراجات المذكورة	٥٠٠

تخفيض الأحمال الإضافية فى الأبنية متعددة الطوابق :

(١) لا يسمح بالتخفيض للمبانى المعدة للسكن أو الفنادق إذا كان عدد الطوابق لا يزيد على خمسة أو إذا كانت الطوابق المستعملة دكاكين أو أماكن تجارية أو مستودعات أو مخازن أو مشاتل أو مدارس أو أماكن عامة .

(٢) فى الأبنية المعدة للسكن ذات الطوابق (أكثر من ٥) وفى حالة تحميلها بأحمال إضافية متساوية على ألا يكون هناك شروط بغرض الأحمال الإضافية القصوى على جميع الطوابق ، فى نفس الوقت يراعى فى حساب الأحمال على نقط الارتكاز كالجدران والأعمدة والأساسات ، والجدول التالى يبين تخفيض الأحمال الحية عند كل دور والمرموز بقيمة الحمل الحى بالرمز (P) حيث تمثل الحمل الإضافى :

موقع السقف	قيمة الحمل الإضافى
السقف الأعلى أو السطح	P
السقف الأول تحت السطح	P
السقف الثانى تحت السطح	0.9P
السقف الثالث تحت السطح	0.8P
السقف الرابع تحت السطح	0.7P
السقف الخامس تحت السطح	0.6P
السقف السادس تحت السطح	0.5P

ويحتفظ بمعامل التخفيض (0.5P) لكل من الطوابق الباقية .

جـ) وزن الأحمال الميتة للأساسات نفسها يجب أن تضاف إلى المنشأ المقام على الأساس لاستنتاج الحمل الذى سيؤثر على التربة ، أحمال الأساس يتغير تبعاً لتغير المواد التى يتكون منها ، وذلك طبقاً للجدول التالى وهو تقريبى .

مواد الأساس	أحمال المنشأ W	أحمال الأساس الواجب إضافتها وهى نسبة من أحمال المنشأ W
خرسانة عادية	W	١٢٪ إلى ١٥٪ W
قطاعات خشبية	W	٣٪ إلى ٥٪ W
قطاعات حديدية	W	٨٪ إلى ١٢٪ W
خرسانة مسلحة	W	٨٪ إلى ١٢٪ W

وبهذا يصبح الوزن الكلى $= \acute{W}$

مساحة الأساس $= \dfrac{\acute{W}}{\text{جهد التربة}}$

وهناك قانون محدد للمنشآت الخرسانية المسلحة

$$\acute{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a \cdot D_F / q_{all}}$$

حيث :

$\acute{W}$ = الحمل الكلى الواقع على التربة بعد إضافة وزن الأساس .

W = الحمل الكلى للمنشأ .

γ_a = متوسط وزن القاعدة للخرسانة والأتربة ويساوى ٢ طن / م٣ تقريباً .

D_f = عمق الحفر من سطح الأرض الطبيعية .

q_{all} = الإجهاد الخالص المسموح به على التربة .

تحديد أقل عمق للحفر للأساسات .

ويمكن تحديد العمق الخاص بالحفر للأساسات من القانون الآتى :

$$D = \frac{F_1}{W_1} \left\{ \frac{1 - \text{sm}\, \phi}{1 + \text{sm}\, \phi} \right\}^2$$

where

F_1 = w (weight of superstructure/ m) ÷ B kg/ m^2

W_1 = weight of soil k_g/m^3

ϕ = angle of reqose of soil

رسم يبين طريقة عمق الحفر

ثانياً : قوة تحمل التربة :

قوة تحمل التربة يعتمد فى تكوينها على تحديد خواص التربة ، عمق الحفر ، كمية الرطوبة التى تحتويها ، ولذلك فإن تحقيقه يكون شامل المتغيرات السابق ذكرها ويجب أن تحدد قبل اتخاذ القرار على نوعية الأساس – الاختبارات مهمة جداً طبقاً لطبيعة المنشأ وطبيعة التربة وأهمية تكوينها وتنحصر فى الآتى :

أ) عناصر الاستكشاف التى تعتمد إلى حد كبير على المشروع المراد إقامته ، ولكنه يجب أن يشتمل توفير ما يلى .

(١) معلومات عن نوع الأساس سطحى أو عميق .

(٢) معلومات تمكن مهندس ميكانيكا التربة من تحديد قدرة تحمل التربة أو وحدة الأساس .

(٣) معلومات كافية لتقدير الهبوط .

(٤) منسوب المياه الجوفية .

(٥) معلومات لتحديد كيفية الحفر والسند وتصميم الستائر اللوحية وطريقة نزح المياه .

(٦) معلومات عن المشاكل المحتملة مثل هبوط أو تشرخ المنشآت المجاورة .

(٧) تحديد مشاكل التلوث والتأثير على البيئة المحيطة .

❋ هذا بالإضافة إلى معرفة سمك الطبقات التى سيرتكز عليها المنشأ والاختلاف الكبير بين هذه الطبقات ونوعية التربة التى سيتم التأسيس عليها وذلك طبقاً للجدول التالى :

نوع المادة	الوصف	قدرة الحمل بأمان لكل كجم / سم٢
الصخر	الصخر عملياً غير قابل للضغط وآمن جداً ضد الهبوط وعامة يكون التأسيس مستقر على الصخر عندما يكون سمكه ٣ أمتار وفى طبقات أفقية .	من ٥ إلى ٢٠٠ كجم / سم٢
الزلط	الزلط عملياً غير قابل للضغط ولا يتأثر بالعوامل الجوية الزلط عندما يكون غير قابل للتفكك والانتشار يكون أحسن أنواع الأساسات .	من ٥ إلى ١٠ كجم / سم٢
الرمل	١) الرمل الخشن أو كان مدكوكاً وجافاً وغير قابل للتفكك والانتشار .	من ٣ إلى ٥ كجم : سم٢
	٢) رمال نظيفة وجافة	من ٢ إلى ٤ كجم / سم٢
	٣) رمال متحركة وسريعة الانتشار يجب عدم الاعتماد عليها .	من ٥ إلى $\frac{٣}{٤}$ كجم / سم٢
	٤) عموماً إذا كان سمك طبقة الرمال ٤ متر ومضغوط ومدكوك ورطب يصبح متماسكاً	من ٢ إلى ٣ كجم / سم٢
	٥) أو كان الرمل يكون أقل تماسكاً عن تعرضه للمياه الجوفية .	من ١ إلى ٢ كجم / سم٢
الطين	لطبقة سمكها ٤ متر :	
	١) بنى اللون يتماسك وجاف دائماً	من ٢ إلى ٣ كجم / سم٢
	٢) بنى اللون متماسك ومتوسط الجفاف	من ٢ إلى ١,٥ كجم / سم٢
	٣) لين ورطب	١ كجم / سم٢
طين (روبة)	ليس له قوام وغير متماسك	أقصى $\frac{١}{٢}$ كجم / سم٢

* هناك طريقة أخرى وهى الحصول على معلومات عن طبيعة الأرض المرغوب التأسيس عليها وهى السؤال والتقصى عن ما تم معرفته من التأسيس للمبانى المجاورة ، وهذه الطريقة أيضاً ليست مرضية ، لأن التربة تختلف أيضاً فى المسافات القصيرة خاصة وإن طبقات الأرض تأتى إحداها فوق الأخرى ، ولكن هذه الطريقة للاستدلال فقط .

* فى المبانى الهامة لا بد من عمل اختبارات لقطع الشك باليقين وتتلخص فى :

(١) قوة تحمل التربة التى ستقام عليها الأساسات .

(٢) عمق الأساس .

(٣) التكوين الجيولوجى للطبقات المختلفة وتم شرحها باستفاضة لجميع الاختبارات (بالجزء الأول) دراسة الموقع .

ثالثاً : والجدول الآتى يبين أنواع التربة المختلفة ومقدار الجهد الواقع عليها :

نوع التربة	جهد الضغط كجم / سم٢	
	من	إلى
أرض مردومة من فترة طويلة	,٢٥	,٥٠
أرض طينية متوسطة المقاومة (تربة رطبة)	,٧٥	١,٠٠
أرض زراعية طينية مبلولة (تحت مياه الرشح)	١,٠٠	١,٢٥
أرض صفراء مندمجة جيداً وجافة	٢,٠٠	—
أرض سوداء صلبة متماسكة وجافة	٤,٠٠	—
أرض سوداء	٢,٠٠	—
أرض سوداء صلبة متماسكة وجافة	١,٥٠	—
أرض طينية مبللة	١,٥٠	—
أرض طمى النيل	١,٠٠	—
أرض رملية حرشة جافة أو رطبة	٢,٠٠	٤
أرض حصى ورمل غير مندمجة جيداً	٢,٠٠	٣
أرض حصى ورمل مندمجة فى بعضها	٤,٠٠	—
أرض حصى غليظ	٣,٠٠	٤
أرض صخور وأحجار	٢٠,٠٠	٤٠,٠٠
أرض رمل وزلط متحجر (بلمفة)	١٥,٠٠	—

أما إذا كانت الطبقة المطلوب التأسيس عليها مرتكزة على طبقة أخرى أقل صلابة وجهداً فيجب ألا يقل سمك طبقة التأسيس المذكورة عما هو موضح بالجدول الآتى حتى يمكن استعمال الجهود المبينة فى الجدول السابق فإذا ما قلت الطبقة الصلبة عن السمك بالجدول الآتى فيستعمل الجهد المسموح به فى الطبقة السفلى الأقل صلابة وجهداً .

نوع طبقة التأسيس	أقل سمك مطلوب بالمتر	
	من	إلى
الطبقات الحجرية أو الصخرية الصلبة	٢,٠٠	٣,٠٠م
الطبقات الطينية أو الطفلية الجافة	٣,٠٠	٤,٠٠م
طبقات الزلط المدموج	٣,٠٠	٤,٠٠م
الطبقات الرملية الغير منتظر تعرضها لتيارات مائية سفلية	٤,٠٠	٦,٠٠م

ملاحظات عامة على التأسيس :

قبل البدء فى عمل الأساسات تزال من الموقع جميع المواد العفنة أو العضوية أو البقايا الحيوانية أو النباتية ، لأن هذا يؤثر على الأساسات الجديدة أو على صحة العمال أو على مكان هذه المنشآت فى المستقبل .

إذا كان بالموقع أى أساسات أو مبانى قديمة فيجب إزالتها تماماً لتلافى التأسيس فى مبنى واحد على أساسات قديمة فى بعض أجزائه وأخرى حديثة فى الأجزاء الباقية . أما إذا تحتم التأسيس على الأساسات القديمة فى جزء من المبنى وبعد التأكد التام من سلامة هذه الأساسات فيمكن البناء فوقها على أن تفصل تلك الأجزاء المقامة على البناء فوقها على أن تفصل تلك الأجزاء المقامة على الأساسات القديمة عن باقى المبنى بعمل فواصل هبوط .

يجب أن يكون الأساس مرتكزاً على طبقة متجانسة فى جميع أجزائه ، ولا يجوز التأسيس على أنواع مختلفة من التربة يجب عمل فواصل هبوط بين تلك الأجزاء وبعضها .

يجب أن يكون توزيع الأحمال على الأرض تحت الأساسات منتظماً تماماً بحيث يكون جهد الضغط واحداً فى جميع أجزاء المبنى على نوع الواحد من التربة .

إذا كان أى جزء من المبنى يتعرض لقوى جانبية أو لا مركزية من أى نوع فيجب مراعاة ذلك فى تصميم وإنشاء كل جزء من المبنى لضمان تحمل هذه القوى ونقلها بأمان إلى طبقة الأرض الأصلية بدون أن تتعدى الجهود المسموح بها للمواد أو الضغوط على الأرض وللاحتكاك ، فإذا كانت قوى الاحتكاك بين الأساس وطبقة الأرض لا تكفي لضمان سلامة المبنى ضد الحركة الجانبية يتخذ الاحتياط اللازم بدق ستائر حول الأساسات أو ربطها إلى أجزاء ثابتة أو بأى طريقة أخرى .

إذا كان الموقع الذى سيقام عليه المبنى مرتفع وتجاور مباشرة أو على مسافات قريبة منه أرض منخفضة انخفاضاً كبيراً بحيث تكون أساسات المبنى الجديدة أعلى من سطح الأرض المنخفضة فيجب الاحتياط من هروب أو تحرك تربة الأرض تحت الأساسات ، وذلك بدق ستائر أو عمل حوائط ساندة حول الموقع من جهة تلك الأرض إذا كان بطبقة الأرض التى سيقام عليها المبنى ميل طبيعى كبير .

يعتبر عمق الأساس قريباً من سطح الأرض إذا وجدت الطبقة الصالحة للتأسيس على عمق غايته متران ويعتبر العمق متوسطاً لغاية ٥ متر ويعتبر العمق كبيراً لأكثر من ذلك وينتخب نوع الأساس تبعاً لذلك كما سيأتى ذكره .

جدول يبين معامل الانتفاش لأنواع التربة المختلفة :

نوع التربة	وزن المتر المكعب	معامل الانتفاش
طينية جافة	١٣٠٠	ـــ,١٧
طينية ما بين جافة ومبتلة	١٧٠٠	ـــ,٢١
طينية مبتلة	١٩٠٠	ـــ,٢٤
رملية جافة	٢٠٠٠	ـــ,١٢
رملية مبتلة	٢٢٥٠	ـــ,١١
زلطية جافة	١٩٠٠	ـــ,١٢
زلطية مبتلة	٢٠٠٠	ـــ,١١
طمى	١٣٠٠ — ١٨٠٠	ـــ,٢٠
طمى متماسك	١٨٠٠ — ٢٢٠٠	ـــ,٢٠
طفلية	١٧٠٠	ـــ,٢٠
أحجار جيرية	٢٦٠٠	ـــ,٦٦ — ـــ,٧٩
صخور مكسرة	١٢٠٠ — ٢٤٠٠	ـــ,٣٥

ونظراً لحاجتنا لمعرفة أوزان التربة المختلفة وزوايا الميل الطبيعى يستعمل الجدول التالى .

جدول يوضح أوزان أنواع التربة المختلفة وزوايا الميل الطبيعى بالدرجة

المادة	الوزن كجم / م^{3}	زاوية الميل الطبيعى بالدرجة
أتربة مردومة	١٥٠٠	°٣٧
انقاض ناعمة من هدم المبانى	١٥٠٠	°٥٠
رمل جاف	١٧٠٠	°٣٥
رمل رطب مدكوك	١٩٠٠	°٣٢
رمل مشبع بالماء المدكوك	٢١٠٠	°١٦ – °٢٤
طينة مشبعة بالماء المدكوك	١٦٠٠ – ١٨٠٠	°٤٨
طينة زراعية جافة	١٨٠٠ – ١٩٠٠	°٤٥
طينة زراعية مشبعة بالماء	١٩٠٠ – ٢٠٠٠	°١٧ – °٢٠
أرض طفلية جافة	١٧٠٠	°٥٠
أرض طفلية رطبة	١٩٠٠	°٤٥
أرض طفلية مشبعة بالماء	١٩٠٠	°١٥
زلط رفيع	١٨٠٠	°٣٨ – °٤٥
زلط مخلوط برمل	٢٣٠٠	°٢٦ – °٣٥
زلط مخلوط بطفل	٢٣٠٠	°٣٨
طمى نيل	١٧٥٠	°٣٥

رابعاً : والجدول التالى يبين جهد الاحتكاك لأنواع التربة المختلفة للتربة على محيط الخوازيق التى تعمل بجهد الاحتكاك .

أنواع التربة	الجهد كجم / سم^{2} مساحة محيط الخازوق
طمى وطين لين	٠٨, إلى ١٥٪
طمى مدكوك	٠٦, إلى ١٧٪
طمى طين + رمل رفيع	٢, إلى ٤٪
رمل + طين رفيع	٢٥, إلى ٥, ٪
رمل	٣ إلى ٩, ٪

خامساً : التربة ذات المشاكل :

أ – تعريف التربة ذات المشاكل :

هى التربة التى تسبب مشاكل إضافية من وجهة النظر الهندسية نتيجة لظروف تكوينها أو التغيير فى الظروف البيئية المحيطة . وتوجد أنواع كثيرة من هذه التربة ولكن سنقوم بالعرض المفصل لأكثر الأنواع انتشاراً بمصر وهى .

(ب) التربة القابلة للانتفاخ .

تعرف التربة القابلة للانتفاخ على أنها التربة التى تعطى نسبة انتفاخ عالية عند امتصاصها للماء كما أنها تعطى نسبة انكماش عالية عند خروج الماء منها . وتتوقف نسبة الانتفاخ على زيادة الكثافة الجافة وزيادة نسبة الطين خاصة الطين ذو الفاعلية العالية مثل معدن المنتموريلينيت وكذلك انخفاض نسبة الرطوبة الطبيعية .

ومن خصائص هذه التربة أنها صلبة وتمتلك قيمة عالية لمقاومة القص وذلك فى حالتها الجافة الابتدائية – أما فى حالتها الرطبة فإنها تفقد تلك الخاصية بوضوح .

التربة القابلة للانهيار :

تعرف التربة القابلة للانهيار على أنها التربة التى من الممكن أن تتحمل جهد قيمته عالية نسبياً مع قيمة هبوط منخفضة وذلك فى حالة وجود نسبة رطوبة طبيعية منخفضة جداً وكثافة جافة منخفضة نسبياً . أما فى حالة تعرض تلك التربة لكمية رطوبة مرتفعة فإنها سرعان ما تعطى قيمة هبوط مرتفعة مصحوبة بانهيار فى تكوين التربة الداخلى .

ومعظم تلك التربة تتكون من رمل وطمى مع نسبة صغيرة من الطين مع وجود أنواع مختلفة من المواد اللاحمة .

التربة الطينية اللينة :

تعرف على أنها التربة التى لها قيم منخفضة لمقاومة القص وفى معامل القوام كما أنها لها قيم عالية للانضغاط الثانوى وسلوك الزحف .

أنواع التربة القابلة للانتفاخ :

الشيل : shale

يطلق هذا التعبير على كل الترسيبات التى تحتوى على نسبة من الطين والتى توجد فى حالتها الطبيعية فى حالة صلبة وعلى هيئة طبقات رقيقة متتالية ومتوازية (تكوين تطابقى) من الطين الطمبى والرمل مع الحيود لأخذ صفات الطين أكثر من المكونات الأخرى .

والألوان التى توجد عليها الشيل والتى تعتمد على طبيعة حوض الترسيب وهى فى معظم الأحيان الرمادى ، الأحمر ، الأصفر ، الأخضر ، أو خليط منهم .

الحجر الوحلى : mud stone

وهو حجر طينى رملى طمبى فى حالة متماسكة وصلبة ولا يتميز بوجود طبقات رفيعة متوازية وليس به أى تشققات طبيعية وذو تكوين حبيبى ويوجد فى معظم الأحيان على هيئة كتل .

الحجر الطينى : clay stone

وهو حجر طينى طمبى فى حالة متماسكة وصلبة إذا تعرض للكسر عادة ما ينقسم إلى كتل مخروطة غير منتظمة .

الحجر الطمبى : silt ston

وهو حجر طمبى طينى معظم تكوينه من الطمى فى حالة متماسكة وصلبة .

(٢) الحجر الوحلى المتحول : Argillite

وهو حجر طمبى رملى متحول ولكن فى الحالة البدائية من التحول ودرجة صلابته أكبر بكثير من الحجر الوحلى وهو تكوين كتلى وليس به أى صفات من التطابق .

المارل : marl

وهو حجر طينى جيرى وعادة تزيد نسبة كربونات الكالسيوم به عن ٣٥٪ ومن الشائع فى مصر أن يطلق على جميع الأنواع السابقة « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « طين طفلى » حسب مكوناته .

جـ - أنواع التربة القابلة للانهيار :

اللوس : loess

هى تربة خاصة من أنواع التربة المترسبة بالهواء والتى تنتشر فى معظم أنحاء العالم وتوصف بأنها عبارة عن تجميع من تراب مهب الرياح وهى عبارة عن ترسيبات كتلية صخمة يصل سمكها فى بعض الأحيان إلى مئات الأقدام ولا يوجد بها أى نوع من التركيب الطبقى . وتتكون معظم حبيباتها من الطمى الناتج من معادن الكوارتز والفلسبار . والكالسيت والميكا مع وجود معادن أخرى كمواد لاصقة بين الحبيبات والتى بسببها يظهر هذا التكوين على أنه صلب نسبياً فى الحالة الجافة فقط ولكن سرعان ما ينهار وهذا التكوين عند تعرضه للتبلل وزيادة الحمل . ومن أهم تلك المواد اللاحمة كربونات الكالسيوم والطين . ومن الشائع فى مصر أن يطلق على هذا النوع أيضاً « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « طمى طفلى » حسب مكوناته .

التربة الرملية المتماسكة :

وهى التربة ذات الحبيبات الخشنة مثل الطمى والرمل والزلط الرفيع ونسبة الفراغات بها كبيرة نسبياً . ويرجع قوة تحملها الظاهرى إلى وجود مواد لاحمة بين الحبيبات مثل الجبس وكربونات الكالسيوم وأكاسيد الحديد والمواد الطينية .

ومن الشائع فى مصر أن يطلق على هذا النوع أيضاً « تربة طفلية » وينصح من أجل التحديد أن يطلق عليها « رمل طفلى حسب مكوناته » .

(٣) الكثبان الرملية : sand dunes

هى أكثر الترسيبات الهوائية انتشاراً والتى توجد فى معظم الأحيان بالقرب من شواطىء البحار وبالقرب من الحدود ما بين الصحراء والأراضى الزراعية ومن الممكن تواجد تراكيب الكثبان الرملية على شكل التكوين الطبقى وحبيباته فى معظم الأحيان مستديرة الشكل نتيجة العامل الميكانيكى للتعرية السائد فى مثل هذه الظروف .

التربة الرملية السائبة : loose granular soils

وهى التربة ذات الحبيبات الخشنة ذات تركيب سائب والتى توجد فى معظم الأحيان فوق منسوب المياه الأرضية وعند

تعرض هذا التكوين للهزات الناتجة عن الإنشاء الهندسى به ينتج عنها هبوط ذو قيمة مرتفعة .

د - أنواع التربة الطينية اللينة :

١) الطين عادى التضاغط :

هو طين ذو قوام لين إلى متوسط وقد تضاغط عند تكوينه بتأثير وزن عامود التربة الحالى فوق هذا الطين .

ومقاومة هذا الطين اللين ضعيفة جداً وذو حساسية مرتفعة وإذا تعرض لزيادة فى الحمل نتج هبوط ذو قيمة كبيرة على المدى البعيد .

٢) التربة العضوية الليفية : Fibrous organic soils

وهى التى تحتوى على كمية كبيرة من المواد العضوية سواء كانت على هيئات ألياف أو على هيئة غراويات وعادة ما يكون تكوينها ضعيف وينتج عنه هبوط ذو قيمة كبيرة جداً تحت تأثير زيادة فى الحمل المؤثر . ومن أنواع البيئة الترسيبية لهذا التكوين : البحيرات والمستنقعات والأنهار .

٣) البيت (الخث) peat

وهى بقايا نباتية ناقصة ذات تكوين إسفنجى تكونت فى المستنقعات والأماكن الرطبة ولذلك يكون اللون السائد لذلك التكوين هو الأسود أو البنى القاتم .

٤) الملك (التربة الطينية العضوية) muck

عبارة عن تربة طينية لينة معظم تكوينها من المواد العضوية المتحللة .

الطين الحساس القابل للإسالة : sensitive quick clay

يعرف على أنه الطين الذى تبلغ مقاومته للقص فى الحالة المقلقلة ٢٥٪ أو أقل من تلك التى فى الحالة الغير مقلقلة كما أن نسبة الرطوبة الطبيعية لمثل هذه الأنواع تكون مساوية أو أكبر من حد السيولة لها . والبيئة الترسيبية لهذا التكوين هى البيئة البحرية والتكوين الحبيبى هو (تكوين طينى طمى ذو هيكل مفرغ الذى إذا خرج منه الماء سرعان ما يؤدى إلى انهيار هذا التكوين .

السبخا : Sabkha

هى طين طمى يحتوى على نسبة كبيرة من الأملاح . والبيئة الترسيبية لهذا التكوين هى البيئة البحرية نتيجة لعوامل المد والجزر والتأثيرات الجوية .

هـ) أنواع أخرى من التربة ذات المشاكل :

١) الردم : Fills

وهو خليط من القمامة والأنقاض والتربة المفككة .

٢) التربة الكيميائية القابلة للانتفاخ :

chemically swelling soils

أولاً : خصائص التربة المنتفخة :

يتصور الكثيرون أن التربة المنتفخة هى بعض أنواع التربة الطينية فقط ولكن يعتبر هذا الفهم خاطئاً .. فقد وجد أن بعض الصخور تتمدد نتيجة تغييرات كيمائية بها أو بسبب وجود عروق من الميكا أو بتحليل الفلسبار والبروكسين خاصة فى الصخور المترسبة Sedimentary rocks كما أثبتت التجارب أن تأكسد البيريت وهو أحد عناصر الحديد فى بعض الصخور بسبب تعرضه للهواء ينتج عنه انتفاش وتمدد ... أما التربة الرملية فمن المعروف أن هناك ظاهرة تسمى ظاهرة الزيادة الحجمى bulking والتى يمكن تعريفها على أنها الزيادة فى حجم وزن معين من الرمل بتأثير الرطوبة كنتيجة لتغليف حبيبات الرمل بالماء وهى ظاهرة تختلف عن ظاهرة الانتفاش وبالنسبة للتربة الطينية فقد وجد أن الطمى الذى به نسبة عالية من الطين يحدث به انتفاشاً ظاهراً أما إذا كانت نسبة الرمل والمواد العضوية أكبر فيحدث تمدد أقل ويظهر الانتفاش والتمدد فى التربة الطينية clay soils بوضوح وهو ما سنقتصر عليه فى دراستنا الحالية ونستطيع أن نلخص انتفاش التربة الطينية فيما يلى :

١) من المعروف أن حبيبات الطين أقل فى القطر من حبيبات الطمى وقطر الحبيبات يبدأ من ٠,٠٠٢ م فأقل وأساس تكوين الطين هى هيدروسيليكات الألومنيوم ($Al_2 Si O_2 H_2 O$) hydro aluminum silicates وتلتصق هذه الحبيبات مع بعضها مكونة طبقة رقيقة جداً تحصر فيما بينها طبقة من الجيسيت وبعض المعادن الأخرى ذات الجزئيات الرقيقة جداً ... يمثل هذا السندوتش شريحة من الطين تتجمع مجموعات وطبقات أخرى فوق بعضها مكونة التربة الطينية يحدث الانتفاش والتمدد عادة عندما تصل نسبة من الرطوبة أو الماء لهذه الطبقات والشرائح .

٢) من المعروف أن للطين ثلاثة معادن رئيسية فى تكوينه : المعدن الأول : وهو ما يسمى المنتوموريلفيت montomorillonite ولوجود نسبة عالية من الجيسيت gibbsite فى هذا المعدن فتظهر شراهته لامتصاص المياه والرطوبة وعلى الرغم من أن سمك الشريحة الكاملة منه تساوى ١٠ انجستروم فإن هذا السمك يصل إلى حوالى ٢٠٠ - ٤٠٠ انجستروم بعد امتصاصها كمية من الماء تعادل ١٠ انجستروم .

أما المعدن الثانى : وهو الأيليت illite فإن المادة المحصورة من شرائح الطين هى أيونات البوتاسيوم ولهذا فإن الأيليت أقل شراهة لامتصاص المياه من المونيموموريلوينت ولذلك فدرجة انتفاشه وتمدده أقل .

أما المعدن الثالث والأخير : فهو الكاولينت kaolinite وبعض منه يطلق عليه الصلصال الصينى وهو أقل المعادن امتصاصاً للمياه ولهذا فهو أقل انتفاشاً وتمدداً .

وتوجد أنواع أخرى من الطين مثل النيتونيت والبروفيليت والكلوريت والفيرميسكيوليت وهذه جميعاً يتوقف معدل انتفاشها على نتيجة نسبة وجود المنتوفوريلونيت فإذا كانت نسبته عالية تكون درجة التمدد كبيرة والعكس .

ثانياً : مظاهر التربة المنتفشة فى الطبيعة :

يمكن لمهندس التنفيذ ما إذا كانت التربة الموجودة بالموقع من النوع المتمدد أم لا ونوجز بعض المظاهر التى إذا توفر واحد منها أو بعضها يمكن الحكم على هذه التربة فإنها تربة متمددة ويوضع ذلك فى الاعتبار أو يتم عمل تجارب معملية أخرى :

١) صعوبة تكسير التربة المتمددة باليد أو بالأصابع فى حالة جفافها تماماً .

٢) الأحرف edeges تكون حادة sharp ورفيعة جداً فى حالة التربة الجافة .

٣) تتكون من مجموعات من الطبقات بعضها فوق بعض .

٤) تكون لزجة وتلتصق بعجلات السيارات وبالأحذية عندما تكون رطبة .

٥) عند إلقاء كتلة فى حدود ١ كجم من ارتفاع حوالى ١ م فإنها تنكسر إلى أجزاء قليلة ولكن لا تتفتت .

٦) فى حالة إلقاء كرة من التربة الرطبة على لوح زجاجى من الارتفاع نصف متر مثلاً ثم أملنا اللوح الزجاجى لتكون الكرة جهة الأرض من أسفل وطرقنا على اللوح عدة طرقات فإن الكرة لا تنفصل من السطح الزجاجى .

٧) فى حالة إضافة قليل من الماء لعينة من التربة موضوعة فى طبق فإنه يظهر زيادة فى حجمها بوضوح .

٨) فى حالة إضافة قليل من الماء إلى التربة فإنه يمكن سحبها بين الأصابع حتى قطر ٣ مم بالإضافة إلى سهولة تشكيلها .

٩) وجود تشققات وشروخ واضحة جداً فى التربة الجافة تماماً .

ثالثاً : ميكانيكية الانتفاش والأسباب المؤثرة عليه :

يمكن تلخيص ميكانيكية التمدد بالآتى :

١) تمدد وانتفاش بسبب ميكانيكية تغييرات كيمائية طبيعية .

٢) تمدد وانتفاش بسبب تأثيرات ميكانيكية

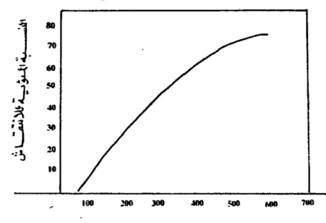
ونتيجة تمدد التربة وزيادة حجمها يظهر ما يسمى كضغط الانتفاش swelling press ويمكن تعريف ضغط الانتفاش بأنه هو الضغط الرأسى المطلوب كطبيعة على عينة محصورة من الخارج لكى تبقى العينة بدون ارتفاع أو زيادة حجمية عند إضافة الماء .

ولها وقد أجريت أبحاث كثيرة لمعرفة قيمة ضغط الانتفاش والعوامل المؤثرة فتبين أن العوامل المؤثرة على قيمة ضغط الانتفاش كالآتى :

نسبة المونيوموربلونيت فى الطين أو بمعنى آخر نوع التربة الطينية – المساحة السطحية للموبيات – حد اللدونة – كمية الرطوبة – درجة الحرارة – عمق الطبقة الطينية . الزمن .. إلخ ويجدر بنا أن نذكر هنا العالمان هولنر وجيبسى (١٩٥٦) قد أثبتا أنه كلما زاد دليل اللدونة plasticity indese كلما كان معدل الزيادة الحجمية والانتفاش كبيراً وكلما كان حد الانتفاش قليلاً . ويوضح الجدول التالى هذه النتائج .

التغير الحجمى	دليل اللدونة	حد الانكماش
قليل	صفر – ١٥	أكثر من ١٢
متوسط	١٥ – ٣٠	١٠ – ١٢
كبير	أكبر من ٣٠	صفر – ١٠

وقد أثبت رنغ (١٩٦٦) أن زيادة المساحة السطحية ينتج عنها زيادة حجمية كبيرة ويبين المنحنى التالى العلاقة بين المساحة السطحية (S . A) والنسبة المئوية للانتفاش .



رابعاً : قيم ضغط الانتفاش :

ظهرت فى السنوات الأخيرة معادلات كثيرة من قيمة ضغط الانتفاش للتربة وبعض العوامل المؤثرة فى ذلك .

فقد أعطى سبديتال (١٩٦٢) المعادلة التالية :

$$SP = 2.2 \times 10^{-3} IP^{2.44}$$

حيث إن :

SP = swelling potential ضغط الانتفاش

النسبة المئوية لدليل اللدونة $IP = P.I\ (\%)$
نشاط الطين $A = \text{activity of soil} = IP / C5$
النسبة المئوية لمحتوى الطين $C = \%\ \text{of clay}$
وأعطى جانيشان (١٩٧٧) العلاقة التالية

$$Psv = 0.046\ WL - 1.572$$
$$= 0.057\ IP - 0.666$$

حيث إن :

ضغط الانتفاش كجم / سم٢ $PSV = \text{Swelling pressure}$
النسبة المئوية لحد السيولة (٪) $WI = L.L$
النسبة المئوية لدليل اللدونة (٪) $IP = P.I$

وقد ربط عدد من الباحثين من تأثير عوامل أخرى مثل الكثافة ونسبة الرطوبة والأحمال وبين ضغط الانتفاش .

وقد ذكر سوورز وكيندى (١٩٦٧) أن العلاقة بين النسبة المئوية لضغط الانتفاش (PSV) ونسبة الرطوبة (RW) علاقة خطية (مقياس لوغاريتمى) وقد حددوا فى أبحاثهم أن النسبة للرطوبة :

$$\frac{W - WP}{IP} = I_L = RW$$

حيث إن :

$W =$ نسبة الرطوبة الأصلية (الابتدائية)
I_L دليل السيولة

أما كومورنيك وأدفيد (١٩٦٩) فقد حددوا العلاقة التالية :

$$\log PSV = 2.132 + 0.0208\ (WL) + 0.000665\gamma d - 0.0269w$$

حيث إن :

$PSV =$ ضغط الانتفاش كجم / سم٢
$W.L =$ النسبة المئوية لحد المياة
$\gamma d =$ الكثافة الابتدائية كجم / م٣
$W =$ النسبة المئوية لمحتوى الماء الابتدائى (نسبة الرطوبة)

وقد استنتج ناياك وكميلستيسيين (١٩٧١) المعادلة التالية :

$$PSV = 2.5 \times 10^{-3}\ (W.P)^{1.12}\ \frac{C^2}{W^2} + 0.52$$

حيث إن PSV مقدرة بالكجم / سم٢ وباقى الكميات كنسب مئوية

$$SP = 2.29 \times 10^{-2}\ (WP)\ 1.45\ ^{C}/w + 6.38$$

حيث إن قيمة WP,C مستنتجة من تجربة بروكتور القياسية .

وقد حصل العالمان الهنديان جانيشان وكريشنانورتى (١٩٧٧) على المعادلة التالية بعد إجراء تجارب عديدة على التربة المضغوطة :

$$PSV\ (K_g/l) = 0.102\ W_{om} - 1.455\ \gamma d + 1.186$$

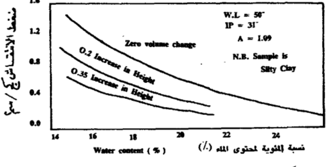
حيث إن :

أقصى نسبة رطوبة $W_{om} = O.M.C$
أقصى كثافة جافة $\gamma dm = O.P.D$

وقد أثبت ماكدوسيل (١٩٥٦) بأن الانتفاش يكون واضحاً جداً ويظهر بصورة كبيرة فى حالة الأحمال الموزعة بالتساوى وتكون قيمتها أقل من ٠,٧ / م٢

وقد أثبت كثير من الباحثين بأن نسبة الانتفاش تقل بزيادة العمر كما أنها تقل أيضاً إذا كانت التربة قد سبق تحميلها وقد أثبت العلماء ميشيل وشان (١٩٦٢) بأنه كلما كانت الأحمال السابقة على التربة كبيرة كلما كان معدل الانتفاش صغير – كما أثبتت التجارب بأنه كلما كانت المياه نقية كان معدل الانتفاش كبيراً وذلك بسبب تركيز الأيونات .

أما بالنسبة للعلاقة بين المتغير الحجمى وضغط الانتفاش فقد بين ذلك داوسون (١٩٥٦) فى أبحاثه واستنتج المنحنى التالى



خامساً : درجات التمدد :

يبين الجدول التالى درجات التمدد وما يقابلها من يتم لدليل اللدونة ونسبة المواد الغريبة .

التقسيم	الخاصية	النسبة المئوية ٪			التربة
التغير الحجمى من الجاف إلى البلل الكامل		صفر – ١٠	١٠ – ٢٠	٢٠ – ٣٠	أكبر من ٣٠ التربة الطبيعية
	محتوى الطين مونتوموبارونيت	صفر – ١٥	١٠ – ٢٥	٢٠ – ٣٥	أكبر من ٣٥
	دليل اللدونة	صفر – ١٥	١٠ – ٣٥	٢٠ – ٤٥	أكبر من ٣٠
	حد الانكماش	أكبر من ١٢	٨ – ١٨	٦ – ١٢	أقل من ١٠
ضغط انتفاش انتفاش		صفر – ١٠	١٠ – ٢٠	٢٠ – ٣٥	أكبر من ٣٥ التربة الطبيعية ومكبوسة تماماً .
	درجة اللدونة	صفر – ٣٥	٢٥ – ٥٠	٣٥ – ٦٥	أكبر من ٤٥ للوصول إلى ناقص درجة محتوى الرطوبة
	حد السيولة إلى	صفر – ٥٠ منخفضة	٤٠ – ٦٠ متوسطة	٥٠ – ٧٥ عالية	أكبر من ٦٠ عالية جداً

سادساً : الاحتياطيات الواجب مراعاتها عند التأسيس على تربة متمددة :

يراعى عادة تفادى التأسيس على تربة لها خاصية الانتفاش أو إقامة منشآت خرسانية على هذه التربة ما لأنواع من التربة وفى حاله الاضطرار للتأسيس على هذه الأنواع من التربة يجب أخذ الاحتياطيات التالية فى الاعتبار :

١) إبعاد مصادر المياه بقدر الإمكان عن أماكن الأساسات وذلك بوضع مواسير المياه المغذية للمبنى ومواسير الصرف الصحى فى أماكن بعيدة عن المبنى مع تغليف هذه المواسير بخرسانة فى حالة وضعها بالقرب من المبنى .

٢) زيادة عمق التأسيس وذلك لإبعاد القواعد والأساسات عن مصادر المياه والتأثر بها .

٣) وضع مخدات من الرمل السائب الغير مدكوك تحت القواعد وحولها بأسماك لا تقل عن ٥٠ سم .

٤) غمر أماكن القواعد بالمياه لمدة لا تقل عن ثلاثة أيام مع عمل نقط مياه فى أماكن مختلفة من المبنى وملئها بالمياه لمدة ثلاثة أيام حتى تشبع هذه التربة بالمياه وإعادة حفر أجناب هذه القواعد .

٥) يفضل عادة أن تكون القواعد مستديرة الشكل وليست مربعة أو مستطيلة على أن لا يقل سمك هذه القواعد عن ــ , ١ م .

٦) يفضل الردم حول الأساسات والميدات برمال سائبة بدون دك أو رش مياه ويكون الردم حول الميدات بأسماك لا تقل عن ٥٠ سم على أن يكون تسليح الميدات لا يقل وقطاعها كبير سواء بالنسبة للعرض أو العمق .

٧) يراعى أن تكون الإجهادات المتولدة من المبنى لا تزيد عن ١٠ كجم / سم^2 وفى حالة زيادتها عن ذلك يفضل زيادة مسطح القواعد .

٨) يلزم عدم الردم أسفل الأرضيات أو حول الأساسات بنواتج الحفر من هذه التربة .

٩) فى حالة وجود رقابى أعمدة يلزم أن تكون بقطاع مناسب (كبير) بعرض لا يقل عن ٣٠ سم وتسليح طولى لا يقل عن ١٦ م وكانات بقطر لا يقل عن ٢٠ سم .

١٠) يتم عمل رصيف حول المبنى بعرض لا يقل عن ٢ م على أن تكون جميع غرف التفتيش والمحابس خارج هذا الرصيف .

١١) فى حالة اختراق خوازيق لهذه التربة يراعى وضع ذلك فى الاعتبار عند تصميم الخوازيق .

الطين النهرى المكتسب حالة الانتفاخ :
alluvial swelling soils

هو الطين النهرى الذى يحتوى على نسبة عالية من معادن الطين النشطة والذى كان يوجد فى حالة تشبع ولكن عند انخفاض منسوب المياه الأرضية وتعرضه للجفاف أصبح له قابلية الانتفاخ .

الطين الطفلى المكتسب حالة الليونة :
Softened overconsolidated clay

هو الطين الجاف الذى أزيل عنه عمود التربة ثم تشبع بالمياه وتقل مقاومته للقص بصورة كبيرة وقد يتحول إلى طين لين .

التربة المتأثرة من عوامل التعرية : weathered soils

وهى نواتج تكسير الصخور بعوامل التعرية المختلفة التى منها الميكانيكية والكيمائية وتبقى فى مكانها دون أن تتعرض لإعادة ترسيب أو تنظيم وبالطبع تختلف كلها عن الصخور الأصلية المحيطة من ناحية التكوين المعدنى والكيمائى . وتكون تلك التربة تربة منقولة ومترسبة فى مياه بحرية أو نهرية فى عصر جيولوجى قديم ثم تعرضت لعوامل تعرية كيمائية أو ميكانيكية بعد هذا العصر أدت إلى تحويلها إلى تربة ذات مشاكل . وفى هذه الحالة يكون أصل التربة هو ذلك العصر الجيولوجى القديم ذات أصل منقول أما العصر الجيولوجى الذى أدى إلى تحول التربة إلى تربة ذات مشكلة فهو عصر حديث نسبياً وتعتبر فى هذه الحالة من وجهة النظر الهندسية تربة متبقية ..

الجلمود : Boulders

وهى قطع صخرية كبيرة الحجم يزيد قطرها عن ٢٥٦ م وقد قاومت عوامل التعرية فى مراحل تحويلها وبقيت مكانها وسط مكونات التربة المتبقية الأخرى وتسبب مشاكل خاصة للإنشاء الهندسى من ناحية الحفر ومن ناحية الاستكشاف

الرمل القابل للإسالة : liquified sand

وهو رمل ناعم الحبيبات ذو تركيب سائب ويوجد تحت منسوب المياه الأرضية . وإذا تعرض هذا الرمل للقلقلة أو الاهتزاز سرعان ما تتحول خواصه إلى خواص المواد السائلة ويفقد مقاومته للقص .

معالجة التربة وطرق التأسيس

من الطرق المستخدمة لمعالجة التربة القابلة للانهيار للتأسيس بأساسات سطحية هى إزالة التربة حتى عمق مناسب ودمكها لتقليل القابلية للانهيار بصورة مقبولة . وكذلك طرق التكثيف المختلفة سواء بالهرس السطحى أو الدق السطحى أو الاهتزاز مع الغمر .

وإذا كانت قابلية التربة للانهيار عالية يفضل استبدالها بتربة رملية حتى عمق مناسب مع دمك تربة الاستبدال . ويمكن كذلك تثبيت التربة وإن كانت طرق التثبيت للتربة القابلة للانهيار ما زالت تحت الدراسة من ناحية التطبيق .

أما عندما تكون طبقات التربة القابلة للانهيار ذات عمق محدود وتقع أسفلها طبقات غير قابلة للانهيار فإنه يمكن استعمال أساسات عميقة لنقل أحمال المنشآت إلى هذه الطبقات السفلية الصلبة .

معالجة التربة : ١) الإزالة والدمك :

فى هذه الطريقة تزال التربة القابلة للانهيار حتى عمق معين ثم تردم وتدمك التربة المزالة نفسها (ناتج الحفر) ويجب تعيين خواص التربة وبصفة خاصة منحنى التدرج الحبيبى وحدود القوام حتى يمكن تقدير درجة وطريقة الدمك المناسبة ويجب بصفة عامة أن يجرى الدمك عند نسبة رطوبة أعلى من النسبة المثلى وذلك للتغلب على المشاكل التى قد تنشأ نتيجة انهيار التربة المدموكة ..

٢) التكثيف بالهرس السطحى :

Densification by surface rolling

أ) هراسات الصدم : impact rollers

أمكن تحقيق نتائج جيدة باستخدام هراسات الصدم مع بعض أنواع التربة الرملية القابلة للانهيار وقد أشارت هذه النتائج إلى أنه بعد ٣٠ مرة من مرور هراس صدم تم تحقيق كثافة تزيد عن ١٠٠٪ من الكثافة الخاصة بتجربة الدمك المعدلة فى عمق ما بين صفر و ١,٠٠ متر و ٩٣٪ عند عمق ٤ متر . ويدل ذلك على قدرة كبيرة لهراسات الصدم فى تحسين خواص التربة القابلة للانهيار بالموقع . ومع ذلك لم تعط هذه الطريقة نتائج جيدة مع بعض أنواع التربة الأخرى مثل الرمل الطمبى المنقول بواسطة الهواء وزيادة الكثافة الناتجة عن استخدام هراسات الصدم يؤدى إلى تحسن كاف لخواص الانهيار باستخدام الأساسات السطحية التقليدية للمنشآت ذات الأحمال الخفيفة . وبصفة عامة فإنه يجب دراسة ظروف الموقع جيداً قبل تقرير ما إذا كان سيجدى باستخدام طريقة هراسات الصدم أم لا . وفى هذه الحالة يجب أخذ العوامل الآتية فى الاعتبار :

١) يجب أن تكون التربة بالقرب من سطح الأرض ذات مقاومة قص عالية لمقاومة انهيار التربة تحت تأثير عجل الهرس .

٢) فى حالة وجود ترابط بين حبيبات التربة بواسطة مواد ناعمة فإنه يلزم التغلب على هذا الترابط أثناء الهرس بإضافة الماء أو أى طريقة ميكانيكية أخرى .

٣) من الأفضل دائماً وجود طبقة صلبة نسبياً أسفل طبقة التربة القابلة للانهيار وذلك لينعكس عليها جزء من طاقة الدمك مما يسهل عملية الدمك . وتوجد هذه الحالة فى الطبيعة كثيراً عندما توجد التربة القابلة للانهيار المنقولة فوق طبقات كثيفة من التربة المحتوية على مركبات الحديد .

٤) فى حالة التربة ذات محتوى الرطوبة العالى فإنه من المفضل وجود طبقة منفذة أسفل الطبقة القابلة للانهيار وذلك للسماح بتثبيت ضغط مياه الفراغات الذى يتولد أثناء الدمك وتوجد هذه الحالة فى الطبيعة عندما يكون هناك أسفل الطبقة القابلة للانهيار طبقة من الحصى الرفيع أو الزلط .

ب) الهراسات الاهتزازية : vibratory rollers

أشارت النتائج التى أمكن الحصول عليها باستخدام هذه الهراسات بأنه بالرغم من استخدام أساليب مختلفة مع الهراسات الاهتزازية إلا أن الكثافة على عمق حوالى ١,٠٠ متر لم يكن زيادتها بواسطة الهرس السطحى .

ومع ذلك فقد أمكن الحصول على نتائج جيدة إذا أزيلت التربة القابلة للانهيار حتى العمق المطلوب ثم أعيدت على هيئة طبقات سمك كل منها حوالى ٣٠ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام الهراسات السطحية مع وضع كمية الماء المناسبة والتى تعطى أقصى كثافة جافة ويعتمد عمق الطبقات المدموكة على أحمال المنشآت ودرجة القابلية للانهيار للطبقات العميقة ..

٣) التكثيف بالدق السطحى :

densification by surface ponding

يظهر من طبيعة التربة القابلة للانهيار أن طريقة الدق السطحى أو التى تسمى أيضاً الدمك (التضاغط) الديناميكى dynamic consolidation تكون مناسبة تماماً لتكثيف التربة ومع ذلك فإن هذه الطريقة غير شائعة بسبب ارتفاع تكاليفها . تتوقف كفاءة هذه الطريقة على نوع التربة القابلة للانهيار وكذلك الطبقات الموجودة أسفلها .

٤) التكثيف بالاهتزاز مع الغمر : vibrofloatation

استخدمت هذه الطريقة بنجاح لزيادة جهد تحمل التربة القابلة للانهيار . وفى هذه الطريقة يتم دمك عن طريق الجمع بين الاهتزاز والغمر . ويمكن زيادة قدرة تحمل التربة للإجهادات بواسطة التكثيف مع استعمال أعمدة من الزلط تعمل كخوازيق وهذه الطريقة تناسب التربة القابلة للانهيار التى لا تحتوى على نسب عالية من المواد الناعمة .

٥) استبدال التربة : Soil replacement

فى حالات ما تكون القابلية كبيرة للانهيار وإذا لم تعط أى من الطرق السابقة نتائج مرضية فإنه ينصح باستبدال التربة الطبيعية القابلة للانهيار . ويتوقف عمق الطبقات التى سيتم إزالتها على درجة الانهيار المتوقع حدوثه عند حمل التشغيل وعلى درجة تضاغط باقى التربة أسفل الجزء المستبدل . وعادة تبدل الطبقات السطحية برمل سليس جيد التدرج . وهذه الطريقة مكلفة نسبياً نظراً لأنها تشتمل على تكاليف الحفر وإزالة التربة الطبيعية ونقلها ثم الإحلال والدمك ويجب بالطبع دمك تربة الإحلال على طبقات طبقاً للمواصفات لتعطى جهد تحمل التربة المطلوب . وفى كثير من الأحيان فإنه يمكن استخدام نفس التربة الطبيعية المزالة فى حالة تأثيرها بالدمك على طبقات وباستخدام نسبة الرطوبة المناسبة بحيث يقلل ذلك من درجة انهيارها إلى القيمة المسموح بها ويتم تعيين هذه القيمة معملياً على عينة تم دمكها .

ويمكن استخدام الأنسجة الصناعية geosynthetics لتقوية طبقات الاستبدال وفى هذه الحالة يقل السمك الكلى لطبقات الإحلال وبحيث نحصل على نفس قدرة تحمل الطبقة للإجهادات . ويتوقف قرار استعمال الأنسجة الصناعية مع تقليل سمك طبقة الإحلال أو عدم استعمالها مع زيادة السمك على دراسة مقارنة للتكاليف فى الحالتين . ويتوقف اختيار النوع المناسب للأنسجة الصناعية على نوع التربة والأحمال وقيمة الهبوط المسموح به للمنشأ وينصح بعمل الأنسجة الموضوعة فى داخل تربة الاستبدال . ويؤخذ فى الاعتبار مدى كفاءة الأنسجة الصناعية مع الزمن .

٦) تثبيت التربة : Soil stabilization

بالنظر إلى طبيعة الانهيار يظهر أن استخدام بعض أنواع مثبتات التربة سيكون له تأثير جيد . وعموماً يكون دور المادة المثبتة للتربة إما تقوية الروابط بين الحبيبات أو ملء الفراغات جيداً بينها . ومعظم هذه المواد المثبتة غير متوفرة فى مصر ومن المتوقع أن تكون غالية الثمن نسبياً بالمقارنة بتكاليف الطرق الأخرى . ولم تتوفر حتى الآن معلومات كافية عن نتائج مرضية نتيجة استخدام هذه الطريقة . وعلى هذا فإن طريقة تثبيت التربة من المجالات المفتوحة للبحث والتطبيق فى المستقبل القريب .



التأسيس على الصخر

قبل البدء فى شرح قدرة التحميل على الصخر أن نعرف أنواع الصخور :

أ) يضطر المهندسون أحياناً إلى التعامل مع أنواع مختلفة من الصخور والأحجار والتربة أثناء أعمال الإنشاءات التى يقومون بها سواء لأساسات هذه المنشآت أو موادها أو أعمال الحفر والردم المطلوبة لها . وهذا يستلزم وجود طريقة مبسطة للتعرف على كافة أنواع الصخور والتربة المحتملة التعامل معها وسنوضح كيفية التعرف على الصخور والأحجار والتربة من الناحية الجيولوجية البسيطة فقط دون استخدام المصطلحات الجيولوجية المتخصصة .

ب) وقد بنيت طريقة التعرف على الصخور هنا على مجموعة من الفحوصات الكيماوية والطبيعية البسيطة فمثلاً فى بعض الحالات يمكن التعرف على الصخور من حبيباتها ومعرفة مكونات هذه الحبيبات وفى حالات أخرى كالصخور دقيقة الحبيبات فإنه يجرى التعرف عليها من مظهرها العام ونتائج بعض الاختبارات القليلة البسيطة .

جـ) تتكون الأدوات المطلوبة لعملية الفحص والتصنيف من سكينة صلب ومحلول مخفف من حامض الهيدروكلوريك فى زجاجة مزودة بقطارة (درجة تركيز الحامض ١٠٪) بالإضافة إلى عدسة مكبرة صغيرة ذات قوة تكبير ٦ : ١٠ مرات .

د) يجب أن تكون عينات الفحص نظيفة وتم فصلها حينها ... وكبيرة لدرجة تسمح برؤية تركيب وبناء صخور هذه العينة . فبعض الخصائص المميزة مثل ظهور بعض المعادن المكونة للصخور لا يمكن مشاهدتها فى العينات الكبيرة . كما يجب ألا تكون العينة كبيرة – لدرجة تجعل تداولها عملية صعبة ونعتبر قطر الأحجار ٧,٥×١٠×٥ سم عينات مناسبة لذلك .

التقسيم العام للصخور :

يوضح الجدول التالى تقسيماً عاماً للأنواع الرئيسية للصخور ويظهر فيه تقسيم الصخور أولياً إلى صخور نارية أو رسوبية أو متحولة طبقاً لأصل تكوينها ثم يقسم كل نوع من هذه الأنواع الثلاثة طبقاً لقسم كل نوع من هذه الأنواع الثلاثة طبقاً لخصائصها الفيزيائية أو تركيبها ولما كانت معظم خصائص الصخور تعتمد على كيفية تكون هذه الصخور فإن وضع التقسيم الصحيح فى هذا الجدول والذى روعى فيه أصل كل نوع والتحولات المختلفة فيما بينها يجعل عملية التعرف على أى نوع من الصخور عملية سهلة .

أ) الصخور النارية :

١) تتصلب الصخور النارية من كتل ساخنة ثابتة من المادة الصخرية (ماجما) التى تنطلق من داخل الأرض . ويرد النوع البركانى منها (اكستروسيف) من الماجما (اللافا) على سطح الأرض أو قريباً منه أما النوع الأنتروسيف منها فيتبلور داخل القشرة الأرضية وعموماً فإن الصخور النارية أياً كانت وأسلوب تكوينها فإنه يمكن تقسيمها اعتماداً على خاصتين رئيسيتين هما التركيب المعدنى والنسيج البنائى .

التقسم العام للصخور

الصخور النارية : متصلبة من حالة ذائبة

الأصل	النسيج السائد	اللون	
		فاتح	غامق
انتروسيف	حبيبات خشنة يسهل تميزها	جرانيت	جابرو دايوريت
	حبيبات خشنة ناعمة جداً يصعب تمييزها	فلسيت	بازلت

الأصل	النسيج السائد	اللون	
		فاتح	غامق
اكستروسيف(بركانية)	زجاجـي	سبج (أوبسيديان)	
	برغوة / مزبد / غثائى	خفاف	سكوريا
	ركامى	أتربة بركانية – رماد فحمى – كتل	

٢) **النسيج البنائى :**

يطلق لفظ النسيج البنائى على الخصائص الشكلية مثل الحجم – الشكل وترتيب الحبيبات المعدنية والجزيئات التى تكون الصخر . وفى معظم أنواع هذه الصخور يبنى النسيج من بلورات مختلفة مختلطة ومتداخلة مع بعضها ويبدو ذلك واضحاً خصوصاً فى الأنواع كبيرة البلورات .

ويختلف شكل النسيج لهذه الصخور طبقاً لأسلوب تصلب الماجما الأصل . فالمجاما التى بردت ببطء فى الأعماق البعيدة للأرض تنتج نسيجاً ذا بلورات كبيرة لدرجة يمكن تمييزها بسهولة ، أما الماجما التى بردت بسرعة فقد نتج عنها تركيب بلورى ناعم جداً لا يمكن تمييز بلوراته بالعين المجردة وكمثال على الأنواع التى بردت الماجما فيها بسرعة كبيرة جداً الزجاج الطبيعى الذى تكون من الماجما بدون بلورات وعند البرودة بسرعة فائقة قد تنحصر بعض فقاعات الهواء التى تضاف إلى نسيجه ويصبح (معششاً) .

٣) **التركيب المعدنى :**

يعتمد التركيب المعدنى واللون للصخور النارية على التركيب الكيميائى للماجما الأصلية (فالمجاما السيالك sialic magme) غنية بالسيلكون والألومنيوم ومكونة للصخور الفاتحة اللون المركبة أساساً من معادن بيضاء / زرقاء / حمراء / وردية . أما الماجما المافيك (mafic) فهى غنية بالحديد والماغنسيوم مكونة الصخور الغامقة اللون المركبة أساساً من معادن رمادية / خضراء / سوداء / بنية .

ب) الصخور الرسوبية :

١) تتكون الصخور الرسوبية من تراكمات فتات أو بقايا الصخور الصلبة والمترسبات الكيماوية والمواد العضوية بالضغط والالتحام والمواد العضوية بالضغط والالتحام والتبلور ويتشكل معظمها من طبقات متوازية تنفصل بطبقات أخرى منقطعة وتمثل كل طبقة منها فترة من فترات ترسب المواد الرسوبية .

كما تمثل الصخور الرسوبية حوالى ٧٥٪ من الصخور المكونة لسطح الكرة الأرضية وتتكون هى أساساً بنسبة حوالى ٩٥٪ من خليط الطفل والحجر الرملى والحجر الجيرى .

٢) ويتكون أحد النوعين الرئيسيين من الصخور الرسوبية (clastic) أساساً من أجزاء صخور قديمة التحمت ببعضها بالسيليكا وأكسيد الحديد أو تكلست بتأثير المياه الجوفية ويقسم هذا النوع طبقاً لحجم الحبيبات ثم يصنف إلى تقسيم تالى طبقاً للتركيب .

٣) أما النوع الرئيسى الثانى من الصخور الرسوبية فهو النوع الكيميائى الذى تكون أساساً من المترسبات الكيماوية أو البيوكيماوية أو المواد العضوية تكونت تحت سطح مياه البحر الضحلة الغنية بالمواد المعدنية المذابة ، ويقسم هذا النوع طبقاً لتركيبه الكيميائى ثم يصنف إلى تقسيم تالى طبقاً للنسيج (textine) أو بعض الخصائص الأخرى .

جـ) الصخور المتحولة :

١) تتكون الصخور المتحولة من صخور سابقة التكوين بتأثير الحرارة والضغط والتأثير الكيماوى للسوائل فى الأعماق البعيدة للأرض ويمكن رؤية هذه الصخور فى مناطق القشرة الأرضية التى تعرضت للتآكل لعمق كبير ويقسم هذا النوع إلى قسمين رئيسيين طبقاً للتكوين ثم يصنف إلى تقسيم تالى طبقاً للتكوين والخصائص الفيزيائية .

٢) الصخور المتحولة الصفائحية (foliated) :

تتميز بشكل صفائحى أو رقائقى واضح موزعة فى طبقات دقيقة تختلف فى تركيبها المعدنى .

٣) الصخور المتحولة الكتلية (massive) .

ليس لها شكل واضح لتركيب معين وتتكون عموماً من

معدن واحد ويمكن أن تكون على شكل بلورات أو كتلة من الحبيبات المنصهرة .

المعادن المكونة للصخور :

أ) تعتبر المعادن مواد كيماوية طبيعية غير عضوية ذات خواص طبيعية وكيماوية مميزة ولذلك تسمى الصخور علمياً بأسماء تدل على مكوناتها المعدنية وستستخدم هذه الحقيقة كوسيلة ثانوية عند تقسيم تصنيف أنواع الصخور المختلفة فى البند التالى للصخور ذات التركيب المعدنى الواضح ، ويوضح الجدول التالى أهم المعادن المكونة للصخور ويتضح منه أن المعادن الأولية (primary) تتواجد فى الصخور النارية ، أما المعادن الثانوية التى تتكون بتحول المعادن الأولية نتيجة تفاعلها مع الهواء والماء لقربها من سطح الأرض تتواجد فى باقى الصخور .

ب) الكوارتز (سيليكا): أحد مكونات الصخور صلب جداً له بريق زجاجى أو شمعى وهو مختلف الألوان فإما أبيض أو رمادى ، وتعتبر الشوائب سبباً فى ظهور ألوان أخرى للكوارتز . وعموماً فهو يشبه الزجاج الصناعى إلى حد كبير وتظهر بلوراته على شكل منشور سداسى ويظهر الكوارتز فى الصخور النارية أو المتحولة على شكل حبيبات غير منتظمة مختلطة بمواد أخرى،أما فى الصخور الرسوبية فيظهر على شكل حبيبات زاوية أو مستديرة (خاصة فى الحجر الرملى) وعلى اختلاف عن المكونات الأخرى للصخور فإن الكوارتز لا يتأثر كيماوياً بعوامل التعرية .

الصخور الرسوبية : مترسبة ومتصلبة من كسر الأحجار وبقايا المواد العضوية

المجموعة	التكوين السائد		نوع الصخر
كلاستيك (مؤلف من قطع)	قطع صخرية أكبر من ٢ م	مدورة	كنجلوميرات Conglomerate
		زاوية	برشيا Preccia
	حبيبات معدنية (أساساكوارتز) ذات حجم من ١/١٦ م الى ٢ م		حجر رملى
	جزئيات من الطين والطمى ذات حجم أقل من ١/١٦ م		طفل Shale
بايروكلاستيك كيماوى	مخلفات وأتربة بركانية ناعمة كالسيت		طف Tuff حجر جيرى
	دولوميت		دولوميت
	بلورات سيليكا دقيقة		شيرت Chert

الصخور المتحولة : تحولت تحت تأثير الضغط والحرارة والسوائل الكيماوية الفعالة

التركيب	الخصائص	نوع الصخر
رقائقى صفائحى	حبيبات ناعمة إلى خشنة - عروق ذات تركيب معدنى متباين التركيب - يكسر على شكل كتل	نايس Gneiss
	حبيبات ناعمة إلى خشنة - طبقات معدنية رقيقة تنقسم إلى شظايا ورقائق	شست Schist
	حبيبات ناعمة جداً - مشقق إلى رقائق رفيعة أو ألواح	سليت Slate
كتل	غالباً حبيبات كوارتز منصهرة	كوارتيزيت Quartizite
	غالباً كالسيت أو دولوميت	رخام

جـ) الفلدسبار : Feldspar

أحد مكونات الصخور . صلب جداً . ومعتم البلورات ذات المقطع المستطيل والأسطح المتعاهدة ويعتبر الفلدسبار المتبلور مكون رئيسى من مكونات الصخور النارية وصخور النايس والشست ويتخذ ألوان وردية أو حمراء أو عاجية عندما يحتوى البوتاسيوم وعموماً تختلف ألوانه باختلاف المواد المكونة له ويتأثر الفلدسبار بالعوامل الجوية مخلفاً وراءه مكونات وعناصر الطين والأملاح الذائبة فى الماء .

د) مجموعة الميكا Mica

تظهر على شكل صفائح رقيقة جداً طرية شفافة ذات بريق زجاجى أو متلألىء وعادة يظهر على شكل كتاب يضم عدة صفحات وتتواجد الميكا فى الصخور الجرانيتية أو النيس أو الشست وتحلل الميكا ببطء إلى مكونات الطين .

هـ) الأمفيبول amphiboles أساساً الهورنبلند :

صلب وكثيف وزجاجى ويتواجد أساساً فى الصخور النارية المتوسطة والغامقة وفى أحجار النيس والشست ويوجد عادة (كما تكون) على شكل إبرى رفيع وبلوراته لها مقطع يشبه مقطع الماس والأنواع الخضراء الغامقة أو السوداء عادة صلبة والألوان الرمادية أو الخضراء تتواجد فى الرخام أو الشست ويتحلل الأمفيبول بسرعة إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد والكربونات المذابة .

و) مجموعة البيروكسين Pyroxenes (أساساً الأوجيت) :

صلب وكثيف جداً وزجاجى إلى راتنجى يتواجد أساساً فى الصخور النارية الغامقة وبدرجة أقل فى الصخور النيس والشست ويوجد عادة كما تكون على شكل بلورات قصيرة مربعة المقطع وقد يوجد على شكل بلورات حبيبية كما فى صخور الجابرو وقد يوجد فى الطبيعة نقياً على شكل كتل من البيروكسين مكونة صخر البيروكسيت ويتواجد غالباً على ألوان

تختلف من الأخضر إلى البنى إلى الأسود أو الرمادى ويتحلل إلى بنى بسرعة إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد والكربونات المذابة .

ز) الأوليفين (زيتونى) Olivine :

صلب جداً وكثيف يتكون على شكل حبيبات خضراء مصفرة أو خضراء زيتونية غامقة أو بنية زجاجية المظهر ويتواجد فى الصخور الغنية بالحديد خاصة الجابرو والبازلت ويتحلل الأوليفين إلى أكاسيد الحديد والسيليكا المذابة .

ح) الكلورايت :

طرى جداً بلون أخضر رمادى إلى أخضر غامق وله مظهر براق ويتواجد على شكل قشور أو كتل أو رقائق فى الصخور المتحولة خاصة الشست ويتكون الكلورايت من الأمفيبول والبيروكسين بعوامل التعرية والتحول .. ويتحلل هو بعد ذلك بنفس العوامل إلى مكونات الطين وأكاسيد الحديد .

ط) الجير (الكالسيت) :

طرى عادة لا لون له أو أبيض اللون ويتميز بسرعة تفاعله مع حامض الهيدروليك وهو المكون الرئيسى للقشريات البحرية ويتواجد كما تكون على شكل زجاجي غامق ذو بلورات صخمة ويدخل فى تركيب الرخام كحبيبات دقيقة أو خشنة وحبيبات مستديره مخلخلة أو مدكوكة فى الحجر الجيرى ويعتبر مادة لاحمة فى الصخور الرسوبية ويتحلل بذوبانه فى المياه الحامضية أو المحتوية على أكسيد الكربون .

ى) الدولوميت : Dolomite :

يشبه إلى حد كبير الجير ويختلف عنه أنه أكثر صلابة وأكثر مقاومة للمحاليل الحامضية ويتميز ببطء تفاعله مع حامض الهيدروليك المخفف ويتواجد عادة فى نفس ظروف الجير .

ك) ليمونيت Limonite :

طرى له لون بنى مصفر أو بنى محمر ذو حبيبات ناعمة ويعتبر عاملاً مشتركاً ومادة لاحمة للصخور الرسوبية وهو المكون الأساسى لصخور اللاتيريت .

ل) مكونات الطين :

عبارة عن رقائق لينة عادة ما تختلط بالشوائب من الأنواع المختلفة من مكونات الصخور خاصة السيليكا والليمونيت والجير ويشكل الطين الجزء الأكبر من التربة وأحجار الطفل والأردواز ويشكل الطين بمكوناته أيضاً أهم شوائب الأحجار وتتميز هذه المكونات بطعمها ورائحتها المميزة .

أسلوب التعرف على الصخور :

أ) يوضح الجدول (الذى يبين الأسلوب المبسط للتعرف على الصخور) الذى بنى على مظهر وخصائص عينات الصخور الطازجة النظيفة .

ب) وتتبع خطوة أساسية لتقسيم الضخور بتصنيفها إلى ٦ أقسام عامة اعتماداً على مظهرها العام وباجراء بعض الفحوص الفيزيائية والكيمائية البسيطة يمكننا الوصول إلى صورة أكثر تحديداً حتى نصل لنوع الصخر بين أيدينا .

جـ) إذا لم يسعفنا الجدول الموضح فى التعرف السريع والدقيق على نوع الصخر فإنه يمكننا الاستعانة بالبند الذى يتضمن وصفاً تفصيلياً للأنواع الرئيسية للصخور .

جدول يبين المعادن المكونة للصخور

م	الاسم	التركيب
	المعادن الأولية	
١	**كوارتز (سيليكا)**	ثانى أكسيد السيليكون
٢	**مجموعة الفلدسبار** **فلدسبار البوتاسيوم** **بلاجيوكلاس**	 سليكات البوتاسيوم والألومنيوم . سليكات الصوديوم والكالسيوم والألومنيوم .
٣	**مجموعة الميكا** **مسكوفيت** **بيوتيت**	 سليكات البوتاسيوم والألومنيوم . سليكات البوتاسيوم والماغنسيوم والحديد والألومنيوم .

م	الاسم	التركيب
٤	مجموعة الأمفيبول هورنبلند	خليط من مركبات السليكات أساساً . الكالسيوم والماغنسيوم والحديد والألومنيوم .
٥	مجموعة البيروكسين أوجيت أوليفين	سليكات الكالسيوم والحديد والماغنسيوم والألومنيوم . سليكات الحديد والماغنسيوم .
	المعادن الثانوية	
١	كلورايت	سليكات الحديد والماغنسيوم والألومنيوم .
٢	كالسيت	كربونات الكالسيوم
٣	دولوميت	كربونات الكالسيوم والماغنسيوم .
٤	ليمونيت	أكاسيد حديد .
٥	مجموعة الطين	خليط من مركبات السليكا المحتوى على بعض المعادن .

الخصائص الهندسية للصخور :

سنوضح فى الفقرات التالية مختصر عام لتعريف الخصائص الهندسية للصخور كما سنوضح فى الجداول التالية ، تقييم الصخور الرئيسية بالنسبة للخصائص الهندسية المذكورة وبعض الخواص الطبيعية الأخرى .

أ) **الصلابة tough mess** : عبارة عن المقاومة للكسر أو السحق وتقاس هذه الخاصية فى الموقع بمحاولة كسر الحجر بالمطرقة أو مقياس مقاومته للاختراق بمثقاب .

ب) **الصلادة Hardness** عبارة عن مقاومة الخدش أو التآكل نتيجة البرى وتقاس فى الموقع بمحاولة خدش الحجر بسكينة صلب فالحجارة الطرية تخدش بسهولة أما الصلدة فيصعب أو يستحيل خدشها بالسكينة .

جـ) **المتانة Duralbility** عبارة عن مقاومة التفكك نتيجة تغير التعرض للجفاف والبلل والتجمد وذوبان الجليد وتشاهد فى الموقع بمراقبة تأثير العوامل الجوية على سطح المعرض للصخر .

د) **الثبات الكيماوى Chemical stability** عبارة عن مقاومة التفاعل مع المواد القلوية فى الأسمنت البورتلاندى فبعض أنواع الصخور تحتوى أشكال مختلفة من شوائب السيليكا التى تتفاعل مع القلويات فى الأسمنت تتكون مادة جيلاتينية تمتص الماء وتتمدد فى الخرسانة المتصلبة مسببه شروخ فى هذه الخرسانة ويمكن التعرف على هذه الخاصية بمقارنة الصخر بنوع منه استخدام ركامة فى خرسانة موجودة ومراقبة أى تغييرات فى هذه الخرسانة .

هـ) **شكل الكسر crushed shape** تعطى الصخور التى تنكسر إلى أجزاء غير منتظمة الشكل أفضل أنواع ركام المنشآت حيث يسهل دكها جيداً نتيجة تداخلها مع بعضها مع أعضاء توزيع حمل جيد فى جميع الاتجاهات . أما الصخور التى تنكسر إلى أجزاء مستطيلية أو شرائح فإنه يصعب دكها مع أعضاء توزيع حمل غير جيد .

و) **خصائص السطح Surface character** يقصد بهذه الصفة أساساً قوة التماسك التى يبديها سطح أجزاء الصخر بعد تكسيره فالأنواع التى تعطى سطحاً ناعماً جداً مانعاً للامتصاص يصعب التصاقها بالمواد اللاحمة (الأسمنت) وبالتالى تقل مقاومتها للأحمال أما الأنواع التى تعطى سطحاً خشناً فإنها تعطى الترابط المطلوب أما السطح الخشن جداً فإنها تقاوم الدك وتتطلب مواد أسمنتية كثيرة .

أسلوب مبسط للتعرف على الصخور

- معشش
  - فاتح اللون — سهل الطحن — حجر خفاف
  - غامق اللون — رمادى — سكوريا
- زجاجى
  - فاتح اللون — كتلى وصلب جداً — كوارتز
  - غامق اللون — بعض الفقاعات والبلورات — أوبسيديان

- ذو حبيبات دقيقة جداً
  - طرى
    - لا تفاعل حامضى
      - له رائحة الطين — الطفل
      - خفيف وبركانى — الطف
    - تفاعل حامضى بطىء — دولوميت
    - تفاعل حماضى سريع — حجر جيرى
  - صلب
    - شمعى صلب جداً — شيرت
    - غامق فقاعات هواء أو بلورات واضحة
      - فاتح — فلسيت
      - غامق — بازلت
    - غالباً ذو مركب واحد (الكوارتز)
      - حرش — حجر رملى
      - غير حرش (سكرى) كوارتيزيت

- ذو حبيبات واضحة
  - صلب — بلورات معدنية مختلطة
    - فاتح جرانيت
    - غامق جابرودايوريت
  - طرى
    - تفاعل حامضى بطىء — رخام (دولومتى)
    - تفاعل حامضى سريع — رخـام أو حجر جيرى

- رقائقى
  - حبيبات ناعمة جداً ينشطر إلى شرائح متساوية — أردواز (سليت)
  - ينشطر إلى رقائق واضحة على طول طبقات واضحة ناعم أو خشن الحبيبات — شست
  - ينكسر إلى أشكال غير منتظمة ناعم أو خشن الحبيبات — نيس

- ممزز
  - عادة مادة خشنة
    - يتفاعل مع الحامض — حجر جيرى
    - جزئيات مدورة — كنجوميريت
    - جزئيات زاوية — بريشيا
  - عادة مادة ناعمة
    - صلب — حجر رملى
    - مخلفات بركانية طرية — طف

جدول يبين تقويم الخصائص الهندسية لبعض الصخور

نوع الصخر	الصلابة	الصلادة	المتانة	الثبات الكيماوى	خصائص السطح	شكل الكسر
الجرانيت	جيد	جيد	جيد	ممتاز	مقبول إلى جيد	جيد
ديوريت	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	جيد
بازلت	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	مقبول
فلسيت	ممتاز	جيد	جيد	ممتاز	مقبول	مقبول
بريشيا	ضعيف	ضعيف	ضعيف	متغير	جيد	مقبول
الحجر الرملى	متغير	متغير	متغير	جيد	جيد	جيد
الطفلى	ضعيف	ضعيف	ضعيف	جيد	جيد	ضعيف
الحجر الجيرى	جيد	جيد	مقبول	جيد	جيد	جيد
الشيرت	جيد	ممتاز	ضعيف	ضعيف	مقبول	ضعيف
نيس	جيد	جيد	جيد	ممتاز	جيد	مقبول إلى جيد
شست	جيد	جيد	مقبول	مقبول	ضعيف إلى مقبول	ضعيف إلى جيد
أردواز	جيد	جيد	مقبول إلى جيد	ممتاز	جيد	ضعيف إلى مقبول
كوارتيزيت	ممتاز	ممتاز	ممتاز	ممتاز	جيد	مقبول
رخام	جيد	مقبول	جيد	جيد	جيد	جيد

ز) **الكثافة Density** : هى وزن أو حدة الحجوم وتؤثر الكثافة على أعمال الحفر والمحاجر وتعطى مؤشراً هاماً لخصائص الصلابة أو المتانة كما أن الكثافة قد تعتبر عاملاً رئيسياً عند اختبار نوع معين من الأحجار لعمل هندسى معين .

وصف بعض أنواع الصخور :

أ) **الجرانيت** : عبارة عن صخر بلورى صلب كتلى فاتح اللون يتركب أساساً من فلدسبار البوتاسيوم والكوارتز عادة مع الميكا والهورنبلند وتتدرج ألوانه من الأبيض إلى الرمادى مع ظلال وردية أو حمراء بنية وعموماً فالجرانيت صلب ومقاوم للكسر ومتين مع الزمن تشهد بذلك آثار الفراعنة ويصلح لأساسات المبانى وركام لجميع أنواع الإنشاءات (خرسانية – طرق) والأنواع ذات الحبيبات الناعمة منه أكثر صلابة ومتانة عن الأنواع ذات الحبيبات الخشنة ويتحلل أسرع إذا تعرض لتغييرات حادة مستمرة فى درجات الحرارة أو بتأثير الصقيع . ويجب أن نلاحظ أن الأنواع ذات الحبيبات الخشنة جداً من الحجر الجرانيتى أو العينة بالكوارتز لا تلتحم جيداً بالمواد اللاحمة خاصة الأسفلت ويجب أن تستخدم بعض المواد المضادة للانفصال (stripping) عندما يستخدم الجرانيت فى الرصف بالبيتومين ويسمى الحجر الجرانيتى الخالى من الكوارتز تماماً حجر (ساينيت) وهو ذو خصائص هندسية أفضل .

ب) **الفلسيت** : عبارة عن صخر ذى حبيبات دقيقة جداً وتتدرج ألوانه من فاتح إلى الرمادى المتوسط أو الوردى أو الأحمر أو البرتقالى أو الأرجوانى أو الرمادى بنى فاتح ويحتوى الفلسيت عادة على بلورات كبيرة من الكوارتز أو الفلدسبار وبعض الفلسيت صلباً وكثيفاً مثل الجرانيت ولكنه ينكسر إلى شظايا ورقائق خاصة إذا كان ذا حبيبات دقيقة جداً وتحتوى معظم أنواع الفلسيت على السليكا التى تسبب التفاعل القلوى من الأسمنت البورتلاندى ولكن إذا أهملنا ذلك يعتبر الفلسيت ركاماً جيداً لكافة الأغراض الإنشائية .

جـ) **الجابرو والدايوريت** : يشكلان مجموعة من الصخور الكثيفة الصلبة ذات البلورات الخشنة والألوان الغامقة التى تتكون أساساً من معدن واحد أو عدة معادن والفلدسبار ولما كان من الصعب التعرف على هذين النوعين من الصخور منفصلين فى الموقع فقد سميا باسم واحد وهو (الجابرو دايوريت) ويعتبر الدايوريت أحد أنواع الجرانيت الغامق ويتركب أساساً من البلاجيوكلاس مع الهورنبلند والبيوتيت

والأوجيت وبدون أى كوارتز أو بوتاسيوم فلدسبار .

أما الجابرو فيتركب أساساً من الأوجيت والزيتونى أو الهورنبلند مع البلاجيوكلاس وألوانه عادة أخضر غامق أو أسود أو بنى وعموماً فإن الجابرو دايوريت يعتبر أساساً قوياً وركاماً ممتازاً لكل أنواع الإنشاءات ورغم أنه مكلف عند تقطيعه واستخراجه من المحاجر .

د) **البازلت** : عبارة عن حجر دقيق الحبيبات صلب كثيف غامق الألوان يتدرج من الرمادى الغامق إلى الأسود أو الأخضر مسود أو بنى وتتأثر البلورات الكبيرة فى تركيبه من مواد الزيتونى الأوجيت أو البلاجيوكلاس كما تتناثر به أيضاً بعض فقاعات الغاز والنوع ذو الحبيبات الخشنة من البازلت يسمى (الديابيز) ورغم أن البازلت ينكسر إلى رقائق بحجم ٢ - ٣ سم إلا أنه يعتبر أحد أنواع الركام الممتازة .

هـ) **الأوبسيديان** : عبارة عن حجر غير صلب لامع عادة ذو لون أسود أو بنى أو أحمر ويحتوى على فقاعات هواء متناثرة وبلورات واضحة وهو مثل الزجاج وهو حجر غير الصناعى ينكسر إلى شظايا حادة الأطراف وهو حجر غير ثابت كيماوياً ضعيف ولا يصلح كركام للمبانى .

جدول يبين الكثافة المتوسطة لبعض الصخور

الصخر	جم/ سم³	رطل/ قدم مكعب
الجرانيت	٢,٦٥	١٦٥
سينيت	٢,٧٤	١٧١
فلسيت	٢,٦٦	١٦٦
ديوريت	٢,٩٢	١٨٢
جابرو	٢,٩٦	١٨٥
ديابيز	٢,٩٦	١٨٥
بازلت	٢,٨٦	١٧٨
حجر رملى	٢,٦٦	١٦٦
دولوميت	٢,٧٠	١٦٩
شيرت	٢,٥٠	١٥٦
حجر رملى	٢,٥٤	١٥٩
كنجلوميرات	٢,٦٨	١٦٧
بريشيا	٢,٥٧	١٦٠
الطفل	١,٨-٢,٥	١١٢-١٥٦
النيس	٢,٧٤	١٧١
شست	٢,٨٥	١٧٨
كوارتزيت	٢,٦٩	١٦٨
رخام	٢,٦٣	١٦٤

و) **الحجر الخفاف** : حجر معشش ذو لون فاتح يطفو على سطح الماء بسبب فقاعات الغاز الكثيرة به والمتقاربة والتى تعطيه أيضاً خاصية العزل ويمكن استخراجه من المحجر بأدوات الحفر العادية ويستخدم فى الخرسانة الخفيفة ضعيفة القوة ويستخدم معه أسمنت خاص منخفض القلوية .

ز) **السكوريا** : يشبه هذا الصخر إلى حد كبير خبث الأفران وهو ذو مظهر حجرى أو زجاجى أو خليط من هذين النسيجين وله لون أحمر بنى إلى رمادى غامق أو أسود ويحتوى السكوريا على فقاعات هواء أكبر وأكثر تباعداً من تلك التى توجد فى الحجر الخفاف ولذلك فالسكوريا أكثف من الحجر الخفاف أو أكثر صلابة منه ويستعمل هذا الحجر فى الخرسانات الخفيفة ويستخدم معه أسمنت خاص منخفض القلوية .

ح) **الكنجلوميرات والبريشيا** : يشبه هذا الصخر فى مظهره الخرسانة العادية حيث يحتوى على حبيبات كبيرة فى حجم الزلط يصل بينها تركيب من حبيبات أكثر نعومة ويتواجد هذا الصخر على درجات متفاوتة من التركيب والشكل ويتميز بخصائصه الهندسية الغير جيدة ولذلك يجب تجنبه فى الإنشاءات ولكنه قد يستخدم بعد طحنه تحت الأساس فى الطرق والمطارات .

ط) **الحجر الرملى** : حجر ذو حبيبات متوسطة إلى خشنة صلب ذو مظهر خشن (حرش) يتكون أساساً من رمل (١/١٦ مم إلى ٢ مم) وحبيبات الكوارتز وأحياناً فالدسبار وكالسيت أو طين وتتنوع خصائص الحجر الرملى طبقاً لتنوع تركيبه فالحجر الرملى المكون من الكوارتز النظيف المتلاحم بالسليكا أو أكاسيد الحديد يمثل مادة جيدة للإنشاءات أما الحجر الرملى المحتوى على الطين فهو ضعيف أقل صلابة وأقل متانة ويجب تجنبه فى الإنشاءات .

ى) **الطفل** : عبارة عن حجر رسوبى طرى مركب من حبيبات دقيقة جداً من الكوارتز (طمى) ومواد طينية وسليكا وأكسيد حديد ومواد طينية ولاحمة من الكالسيت ويتشكل الطفل فى الطبيعة فى طبقات رقيقة ويطحن إلى رقائق وله طعم ورائحة الطين ويتواجد عادة مع طبقات الحجر الرملى أو الحجر الجيرى وتفتح محاجر الطفل بالأدوات العادية دون استخدام التفجير وهو يمثل مادة إنشائية ضعيفة إلا إذا استخدم كخام لصناعة الطوب .

ك) **الطف** : حجر ذو كثافة أقل طرى يتركب أساساً من حبيبات وأتربة بركانية دقيقة وألوانه الأبيض والأصفر والرمادى والوردى والبنى الفاتح والرمادى البنى الغامق وله بعض رائحة

الطين إذا بلل بالماء ويمكن تمييز هذا الحجر بتواجد شظايا زجاجية أو حجر جاف فى النوع الأكثر تماسكاً . أما النوع المخلخل التركيب فهو طباشيرى حرش ومترب . والطفل ضعيف يسهل تجريفه ويضاف له مادة مساعدة ومعادلة للتفاعل القلوى للركام ويستخدم كحشو أو طبقة أساس .

ل) **حجر الجيرى** : حجر طرى إلى متوسط الصلابة يتركب أساساً من الكالسيت على أشكال قشرية أو بلورية أو حبيبية ويتميز بسرعة تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك ولونه أبيض يتدرج إلى الظلال الرمادية أو السوداء وأى ألوان أخرى تنتج من الشوائب ويصلح النوع الشائع منه للأغراض الإنشائية وفى هذا الحجر تتزايد الصلابة والمتانة بتزايد كميات السليكا ولكن إذا دخل فى تركيبه أكثر من ٣٠٪ سليكاً ينتج منه مشكلة التفاعل القلوى للركام ويستخدم هذا الحجر على نطاق واسع كطبقة أساس للطرق وذلك بعد تكسيره ورشه بالماء ودكه .

م) **الدولوميت** : يمثل الحجر الجيرى إلى حد كبير ويميز ببطء تفاعله مع حمض الهيدروكلوريك ولا يظهر هذا التفاعل البطىء إلا بعد خدش الحجر بسكينة مثلاً ويستخدم مثل الحجر الجيرى .

ن) **الشيريت** : عبارة عن حجر صلب جداً ذو حبيبات دقيقة جداً ويتركب من بلورات سليكا ميكروسكوبية مترسبة من ماء البحر أو المياه الجوفية ويتواجد كطبقات غير منتظمة متداخلة مع الحجر الجيرى أو الدولوميت ولونه أبيض متدرج للرمادى ويتكسر هذا الحجر إلى رقائق شمعية المظهر وبعض الأنواع لها مظهر معتم وينتج معظم أنواع الشيريت تفاعلاً قلوياً مع الأسمنت البورتلاندى ويتطلب معظمها أيضاً استخدام عوامل مساعدة عند الخلط أيضاً بالمواد البيتومينية ويستخدم هذا الحجر فى انشاء الطرق إذا لم يوجد أفضل منه .

س) **النايس (نيس)** : عبارة عن حجر متوسط إلى كبير الحبيبات ويتركب من شرائح متداخلة من مواد معدنية مختلفة ذات سمك منتظم أو متغير وهو يتكسر إلى كتل غير منتظمة الشكل ويماثل الصخور الجرانيتية فى الاستخدام والخواص وفى حالة تزايد كميات الميكا به فإنه يسمى شست .

ع) **الشست** : يشبه النايس إلى حد كبير ويختلف عنه فى وجود طبقات رقيقة متوازنة من الميكا والكلوريت والهورنبلند أو بعض البلورات الأخرى وكقاعدة فإن الطبقات المتجاورة من الشست تتركب من نفس المواد المعدنية وهو ينكسر على طول طبقات إلى أجزاء رقائقية وهو لا يصلح للأعمال الإنشائية عدا كمادة لطبقة الأساس وأحياناً بعض أنواع الخرسانة العادية .

ف) **الكوارتزيت** : عبارة عن صخر صلب جداً ذو حبيبات دقيقة أو خشنة وهو يتكون أساساً من الحجر الرملى (صخور متحولة) وهو يختلف عن الحجر الرملى فى شكل الكسر فهو ينكسر على طول الحبيبات نفسها وليس حولها كما فى الحجر الرملى ولذلك فسطح الأجزاء المنكسرة منه ليست خشنة المظهر (حرشة) وإنما لها مظهر كسر مكعبات السكر ويعتبر الكوارتزيت أحد أصلب وأمتن الأحجار وهو يمثل مادة بناء ممتازة إلا أن استخراجه من المحاجر مكلف جداً ويجب إضافة مواد مساعدة لتقليل الانفصال عند خلطه فى الخرسانة الأسفلتية وذلك لوجود الميكا به .

ص) **الرخام** : عبارة عن صخر متحول من الحجر الجيرى أو الدولوميت وهو طرى ذو بلورات دقيقة أو خشنة ويتميز بأنه طرى ويتفاعل مع الحامض وله مظهر السكر للحجارة المكسرة حديثاً ويشبه الرخام الجيرى المتبلور فى خصائصه الهندسية الحجر الجيرى المتبلور ولكن يجب تجنب استخدامه فى أساسات الطرق السريعة وممرات نزول الطائرات وعادة يتكون الرخام بلون الشوائب الموجودة فيه .

قدرة تحمل الصخر :

أولا: هو ذلك الجزء من القشرة الأرضية الذى يتميز بالتصلب والتماسك والصلادة العالية . وهو عبارة عن كتل طبيعية من مواد معدنية شديدة الترابط لا تكسر بسهولة باليد البشرية ولا يمكن تفتيتها عند تعرضها لدورة واحدة من الجفاف والبلل . ويعتبر الصخر أفضل التكوينات الجيولوجية التى يمكن التأسيس عليها . ولكن يجب على المصمم أن يكون حذراً من المخاطر التى قد تنجم عن ظروف غير مواتية تصاحب تكوين الصخور وتؤدى إلى حركة كبيرة أو فشل مفاجىء . لذلك يجب أن يحظى تصميم الأساسات على الصخور بنفس الدقة والعناية المتبعة لأنواع التربة المختلفة .

وهناك بعض التكوينات التى تصنف جيولوجياً على أنها نوع من الصخور ولكنها يجب أن تعامل هندسياً كنوع من أنواع التربة وذلك مثل :

ـ الصخور اللينة أو الصخور ضعيفة التلاحم والتى تقل مقاومتها تحت اختبار الضغط الغير محاط عن ١٠٠٠ ك نيوتين / م٢ (١٠ كجم / سم٢) .

ـ المواد التى يمكن الحفر فيها بالوسائل اليدوية مثل الكريك والمعول .

ـ الرمل أو الزلط المتحجر والتى لا يمكن التلاحم فيها مستمراً .

ومن التكوينات الطبيعية التى تنطبق عليها التوصيفات

السابقة : الصخور الضعيفة جداً كالطباشير والطين الجيرى ، والرماد البركانى ، والصخور المطحونة ، والصخور ذات الفواصل المستمرة المتقاربة المسافات والتربة المحتوية على كسر الصخور .

ثانياً : الخواص الهندسية للتكوينات الصخرية : تتوقف صلاحية التكوينات الصخرية لأغراض التأسيس على مقاومة مادة الصخر وعلى طبيعة الفواصل والمسافات بينها وميلها واتجاهها ويمكن تصنيف الصخور طبقاً للخواص السابقة كما يلى :

١ – تصنيف الصخور طبقاً لمقاومتها القصوى :

ويمكن تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط باستخدام الجدول التالى :

جدول يبين تصنيف الصخور طبقاً لمقاومة الضغط غير المحاط

مقاومة الضغط غير المحاط		نوع الصخر
ميجا نيوتن / م٢	كجم / سم٢	
٢٠٠ <	٢٠٠٠ <	قوى (صلب) للغاية
١٠٠ – ٢٠٠	١٠٠٠ – ٢٠٠٠٠	قوى (صلب) جداً
٥٠ – ١٠٠	٥٠٠ – ١٠٠٠	قوى (صلب)
١٢,٥ – ٥٠	١٢٥ – ٥٠٠	متوسط القوة (الصلابة)
٥ – ١٢,٥	٥٠ – ١٢٥	متوسط الضعف
١,٢٥ – ٥	١٢,٥ – ٥٠	ضعيف
١,٢٥	١٢,٥ ≥	ضعيف جداً .

٢ – تصنيف الصخور طبقاً للمسافات بين الفواصل :

تتراوح المسافات بين الفواصل فى التكوينات الصخرية من متباعدة جداً إلى متقاربة جداً ويمكن تصنيفها كالتالى :

– مسافات متباعدة جداً : تزيد المسافات بين الفواصل فى المتوسط عن ٣ متر .

– مسافات متباعدة : تتراوح المسافات بين الفواصل فى المتوسط من ١ – ٣ متر .

– مسافات متقاربة نسبياً : تتراوح المسافات بين الفواصل فى المتوسط من ٠,٣ – ١,٠٠ متر .

– مسافات متقاربة : تتراوح المسافات بين الفواصل فى المتوسط من ٥٠ – ٣٠٠م .

– مسافات متقاربة جداً : المسافات بين الفواصل فى المتوسط أقل من ٥٠م .

ويمكن الاستعانة بقيم معامل جودة الصخر (RQD) rock quality designation لتصنيف التكوين الصخرى طبقاً للمسافات بين الفواصل وطبيعتها .

وتحدد قيمة معامل جودة الصخر بجمع أطوال العينات اللبية (core samples) التى لا يقل طول كل منها عن ١٠٠ ملم . وتحسب قيمة (RQD) كنسبة مئوية لهذه الأطوال بالنسبة لطول الحفر (core run) أثناء استخراج هذه العينات . ويمكن تقسيم جودة التكوينات الصخرية طبقاً لقيمة معامل جودة الصخر كما يلى :

جدول يبين تصنيف الصخور طبقاً لقيم معامل جودة الصخر

جودة الصخر	قيمة معامل جودة الصخر (٪)
ضعيفة جداً	أقل من ٢٥
ضعيفة	٢٥ – ٥٠
متوسطة	٥٠ – ٧٥
جيدة	٧٥ – ٩٠
ممتازة	٩٠ – ١٠٠

ومن الجدير بالذكر أن كسر العينات اللبية أثناء الحفر أو نقل العينات يمكن ملاحظته بوجود كسر حديث غير منتظم فى حين أن سطح الانفصال الطبيعى يكون عادة أكثر انتظاماً نتيجة عوامل جيولوجية قديمة ، لذلك يجب ضم العينات المكسورة نتيجة عوامل غير جيولوجية معاً واعتبارها قطعة واحدة . وفى جميع الأحوال من المفضل قياس أطوال العينات اللبية أثناء عملية استخراج العينات وتسجيل طول حفر الماكينة core run لكل منها حيث إن بعض أنواع الصخر قد تتأثر بحرارة الجو ورطوبته .

وللحصول على نتائج جيدة لقيم معامل جودة الصخر فمن المفضل استخدام المواسير الثنائية (Double – tupe core Barrels) ذات قطر لا يقل عن ٥٤ مليمتر .

٣ – تصنيف الصخور طبقاً لطبيعة واتجاه الفواصل :

يمكن وصف طبيعة الفواصل فى الصخور طبقاً لعرض هذه الفواصل ودرجة أسطح تلامس الصخر للعوامل الجوية بالإضافة إلى خواص المواد المالئة لهذه الفواصل . وتتأثر صلاحية الصخر لأغراض التأسيس إلى حد كبير باتجاه الفواصل بالنسبة لاتجاه الحمل المؤثر . حيث إن وجود فاصل تحت الأساس قد يقلل من قدرة تحمل التكوين الصخرى . ويمكن وصف التكوين الصخرى بأنه يحتوى على فواصل ذات اتجاه حرج إذا كان هناك احتمال للانزلاق على سطح الأرض الفاصل تحت تأثير محصلة أحمال الأساس .

ثالثاً : الأساسات الضحلة على الصخور السليمة : الصخر السليم هو الصخر الذى تزيد قيمة المسافات بين الفواصل عن ١,٠ متر وتزيد المقاومة الضغط الغير محاط له عن ١٠٠٠ كيلو نيوتن / م^2 (١٠ كجم / سم^2) ويشتمل هذا النوع الصخور ذات المقاومة الضعيفة جداً .

وعموماً فإن مقاومة هذا النوع من الصخور تزيد كثيراً عن متطلبات التصميم بشرط أن تكون الفواصل فيه من النوع المقفول أن يكون اتجاهها غير حرجاً بالنسبة للقوى المؤثرة .

ولذلك يجب دراسة النقاط التالية بدقة قبل التصميم :

ــ تحديد نوع وأماكن وجود الفواصل الواقعة فى مجال تأثير الأساس ويشمل ذلك تحديد سمك هذه الفواصل .

ــ تحديد مقاومة مادة الصخر .

ــ ويجب أن يقوم بإجراء هذه الدراسة متخصصون فى هذا المجال . ويتم التحديد النهائى لقدرة تحمل الصخر بعد دراسة وتحليل تأثير الفواصل على الأساس . وعلى سبيل المثال فى حالة تكوين صخرى ذى خصائص غير حرجة (سطح الصخر عمودى على الأساس ، الحمل المؤثر ليس له مركبة مماسة ، ولا توجد فواصل مفتوحة) ويمكن تقدير قدرة التحمل المسموح بها من المعادلة الآتية :

$$q_{all} = K_{sp} \cdot q_{u\text{-}core}$$

حيث :

q_{all} = قدرة التحمل المسموح بها باعتبار معامل أمان مقداره ٣ .

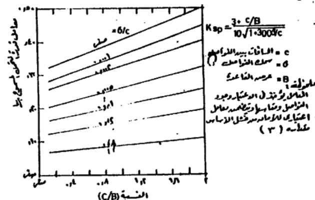
$q_{u\text{-}core}$ = مقاومة الضغط غير المحاط لعينات الصخر .

K_{sp} = معامل يعتمد على المسافات بين الفواصل كما هو موضح بالجدول التالى .

جدول يبين قيم المعامل K_{sp}

المسافات بين الفواصل	K_{sp}
متباعدة جداً (> ٣ متر)	٠,٤٠
متباعدة (١ – ٣ متر)	٠,٢٥
متقاربة نسبياً (٠,٢١ – ١,٠ متر)	٠,١٠

ومن الجدير بالذكر أنه يمكن اعتبار التكوينات الصخرية المحتوية على فواصل متقاربة نسبياً (٣ – ١,٠ م) كحالة انتقالية بين الصخر السليم والصخر الغير سليم والشكل التالى يوضح العوامل التى تؤثر على المعامل (K_{sp}) ويبين تأثير الفواصل على قدرة التحمل . وهذه العلاقة صالحة للصخور التى لا تقل المسافات بينها عن ٣٠٠ مم وسمكها أقل من ٥ مم أو سمكها أقل من ٢٥ مم لو كانت محتوية على مواد مالئة على ألا يقل عرض الأساس عن ٣٠٠ مم .



شكل يبين معامل قدرة التحمل المسموح به المستخدم فى الصخور

رابعاً : الأساسات الضحلة على الصخور غير السليمة :

. تعتبر الصخور غير سليمة إذا كانت الفواصل شديدة التقارب أو إذا كان الصخر مفتتاً أو متكسراً . وفى هذه الأحوال يعامل الصخر معاملة التربة غير المتماسكة وتصمم الأساسات على

ضوء قواعد ميكانيكا التربة . وعموماً فإنه من الصعب تعيين أو تقدير قيمة معاملات المقاومة الداخلة فى حساب قدرة تحمل هذه الصخور .

خامساً : التأسيس فى حالة وجود الصخر على سطح الأرض أو قريب منها :

أو كان موقع الصخر مستواه متقارب يجب تسويته جيداً وذلك عند إزالة الأجزاء الغير لازمة والغير مستوية وتجميعها وعمل الأجزاء المفككة منه خرسانة للتسوية ، أحياناً تحدث تشققات فإذا كانت سطحية يمكن ملأها بالخرسانة أو سد هذه الفجوات إذا كانت كبيرة بعمل قبو كما فى الشكل التالى (a).

لو كان الموقع مائل إلى الداخل أو أجوف فيجب قطع الأجزاء الغير اللازمة والهشة إما بالتقطيع اليدوى أو بطريق التفجير ونظراً لأن الموقع المراد تسويته ربما يكون به نتوءات كبيرة فيجب تسويتها بأى إحدى الطريقتين الآتيتين .

أ) التسوية بخرسانة عادية .

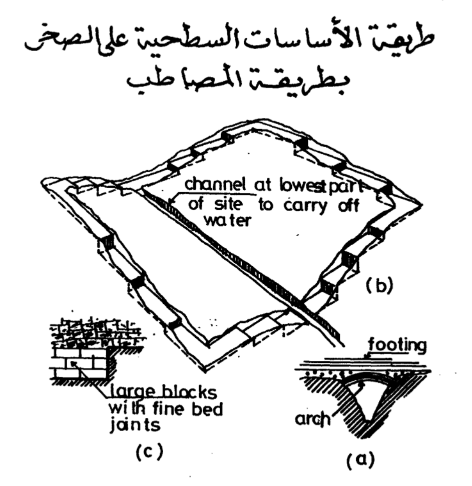
ب) التسوية بالأتربة الناتجة من التفجير أو الحفر مع استبعاد المواد الشائبة ثم يضغط بهراس اهتزازى vibratory rollers ويضغط ضغطاً جيداً حتى يصل إلى أقصى كثافة ثم يوضع فرشة من الخرسانة العادية وذلك فى حالة المبانى الخفيفة من الخشب أو أحد هذه الأنواع .

جـ) فى حالة المبانى بحوائط حاملة يجب إزالة جميع الشوائب من السطح والوصول إلى عمل مصاطب مناسيب مختلفة وتكون المصاطب بعد نزع الشوائب قوية لتتحمل بناء الحوائط عليها ولا تزيد المبانى عن ارتفاع دورين على الأكثر فقط حيث تكون الحوائط حاملة وذلك كما فى الشكل التالى .

والهدف من التفجير فى الصخر هو تخشين السطح وبالتالى منع الخرسانة من الانزلاق .

د) فى حالة وجود انحدار كبير بالموقع يجب عمل مصرف لصرف الماء عند أعمق نقطة لمنع تشبع الأساسات بالماء .

هـ) بعد عمل المصاطب والتسوية يتم البناء للحوائط من أسفل بحجارة كبيرة على مرقدها بمونة أسمنتية قوية ولا يقل عن ثلاثة مداميك كما فى الشكل التالى (c)



ملحوظة :

إذا كان البناء مرتفعاً لعدة أدوار فهناك تجربة لعمارتين تم تشييدهما فى المقطم فتم أولاً عمل جستين .

العمارة الأولى : ظهر فى الجسة ثلاثة أمتار طفلة من السطح العلوى ثم ثمانية أمتار صخر سليم حتى آخر الجسة فتم حفر الثلاثة أمتار الطفلة ثم تم حفر متر من الصخر السليم وتم عمل أساسات عبارة عن خرسانة عادية بسمك ٣٠ سم للتسوية ثم عمل قواعد مسلحة منفصلة بارتفاع متر على الأقل وصممت الأساسات على أن الأساسات تتحمل ١٢ طابقاً .

ــ أما العمارة الثانية المجاورة فظهر فى الجسة ثلاثة أمتار طفلة من سطح الأرض ثم ثلاثة أمتار صخر عند ٦ متر ثم ٢ متر صخر مختلط به طفلة ٦ م إلى ٨ م ثم صخر منسوب ١٢ متر فتم حفر ثلاثة أمتار طفلة ثم ٥٠, متر من الصخر وتم صب خرسانة عادية بارتفاع ٣٠ سم وتم عمل أساسات مستمرة raft foundation وصممت على أساس تسعة أدوار فقط حيث هناك نظرية تنص على أنه إذا كان هناك طبقة تتحمل ٤ كجم / م^{2} مثلاً وتحتها طبقة بارتفاع مترين وجهدها ٢ كجم / سم فيجب التأسيس على الجهد الأصغر وهذا يحتم عمل جسة لكل موقع على حدة وهاتين القطعتين من الأرض متلاصقتين والتى عرض كلا منها ٢٠ متراً ووجد هذا التغير فى طبيعة الصخر وعلى هذا من الضرورى عمل جسة لكل موقع على حدة واختيار الأساس الذى يصلح لطبيعة التربة .

التأسيس السطحى لفندق المقطم بلير القاهرة على الصخر

ــ أردت شرح الخطوات التى تمت لتشييد فندق المقطم نظراً لتأسيسه على سطح الأرض بدون أعماق على الصخر وقد شرفت بأننى كنت دارساً لعطاء هذا الفندق والمشرف على تنفيذه ويتلخص ما تم فى هذا الفندق من أول دراسته حتى تسليمه وسنعطى نبذة عن ماهية هذه الفترة :

أولاً : هذا الفندق نظام الـ motels أى مجموعة من المبانى ذات الدور الواحد وأن المنشأ نفسه مبنى من الخشب ذات الطبقتين بينهما ألياف عازلة للحرارة والرطوبة أى أن المبانى من النوع الخفيف ومكون من سبعة عشر مبنى مزدوج ومتصل ومبنى عام وحمام سباحة وكباين للاستحمام وملاعب للتنس ومحطة لمعالجة مياه المجارى بعمق ٤ متر تم حفرها فى الصخر . وعلى بعد حوال ٥٠٠ متر من الموقع العام للفندق يوجد مكان لتصريف مياه المجارى (Disposal Area) وهى عبارة عن ناتج حفر من الصخر بارتفاع حوالى ١,٥٠ م من سطح الأرض وتصل إليها مياه المجارى بعد معالجتها عن طريق ضخ طلمبة من المحطة . وفى نهاية مواسير الضغط توجد شبكة رشاشات تطلق منها الماء شبه رزاز فتتبخر منها جزء فى الهواء والباقى يسقط على الأحجار وهذا الفندق قام بتصميمه مكتب استشارى أمريكى .

وقد تم سرد هذه النبذة لنتعرف على طبيعة هذا العمل .

ثانياً : هذا المكتب قام بعمل ميزانية شبكية للموقع وحاول تصميم هذه المنشآت بحيث لا يتم التفجير بكثرة إلا فى حدود ضيقة وربط هذه المبانى بعضها بواسطة طرق وسلالم و لم يكن هناك حفر ذات أعماق إلا مكان محطة معالجة المياه وتم تصميم هذا الفندق برسومات مقاس ١ : ٢٠٠ دون أية تفاصيل وأرفق بهذه الرسومات كتاب يشتمل على المواصفات المطلوبة لهذه المبانى باللغة الإنجليزية دون حصر كميات لهذه الأعمال أو رسومات إنشائية وطلب من الشركات التى ستدخل فى هذا العطاء عمل الرسومات الإنشائية وجميع التفاصيل التى سيتم بموجبها التنفيذ وأن السعر سيوضع إجمالى لهذا الموقع تسليم مفتاح (بالمقطوعية) ويتم البت فى العطاء لأقل سعر إجمالى ولأحسن مواصفات تقدم من الشركات الدارسة للعطاء .

ثالثاً : تقدمت ممثلاً للشركة التى أعمل بها لدراسة هذا العطاء فكان إلزاماً على اتباع الخطوات التالية :

١) إعادة مراجعة الميزانية الشبكية للتحقق من الميزانية الشبكية التى تمت بمعرفة المكتب المصمم لتقدير قيمة الحفر والردم ونوعية المتفجرات التى تصلح لهذا العمل وتقدير قيمة هذا البند بالنقود .

٢) تم التصميم الإنشائى لهذه الرسومات وعلى ضوئها تم تقدير الكميات اللازمة من جميع البنود من خرسانة عادية ومسلحة ومبانى وبلاط وبياض وخلافه أى تم عمل دفتر حصر لهذا العمل .

٣) قدرت هذه الكميات بما تساويه من مبالغ بالإضافة إلى بند الحفر والتفجير وجميع المعدات اللازمة لهذا الفندق اللازمة للمجارى والمياه وخلافه وكان إجمالى هذا العطاء مليون وسبعمائة ألف جنيه سنة ١٩٧٧م علماً بأن جميع الإنشاءات الخشبية وما يلزم للفندق قامت به شركة أمريكية .

تم التنفيذ حسب الخطوات التالية

١) بخصوص الحفر تم جميعه بطريقة التفجير وذلك للأمكنة التى منسوبها أعلا من المنسوب المطلوب للمبنى وكان بعض المبانى يتم حفر جزء منه والباقى يتم ردمه بناتج الحفر وكان ذلك بطريقة النسف الحذر حيث كان بجوار هذا الفندق مغارة

للقوات المسلحة ويخشى عليها من التفجير العادى والنسف الحذر مشروح بإفاضة فى الموسوعة الهندسية للمؤلف وببساطة شديدة للتحكم فى عملية النسف حتى تكون الاهتزازات الأرضية غير مؤثرة تأثيراً ضاراً على أساسات المبانى المجاورة وكذلك الموجات الصوتية يجب ألا تؤدى إلى أبسط الخسائر مثل تكسير زجاج المبانى وكذلك الشظايا يجب التحكم فى أحجامها حتى يمكن نقلها وكذلك التحكم فى مسافة تطايرها وذلك عن طريق استخدام مفجرات تأخير ذات أرقام مختلفة تبدأ من مفجر رقم (١) .

فالمفجر رقم (١) يعنى أن هناك تأخيراً = ٢٥ / ١٠٠٠ من الثانية

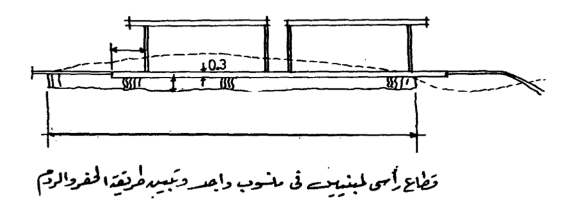
والمفجر رقم (٢) يعنى أن هناك تأخيراً = ٥٠ / ١٠٠٠ من الثانية

والمفجر رقم (٣) يعنى أن هناك تأخيراً = ٧٥ / ١٠٠٠ من الثانية وهكذا

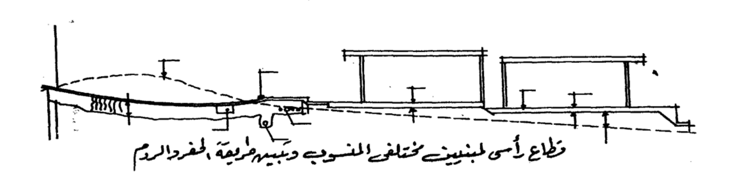
فإذا كانت كمية المتفجرات المطلوبة لنسف مبنى معين ٥٠ كجم لا يتم تفجير هذه الكمية كلها لحظياً ولكن تفجر على التوالى باستخدام مفجرات التأخير حتى لا تؤدى نواتج عملية النسف إلى أى آثار ضارة . كما سبق .

٢) بعد عملية النسف تبدأ عملية التسوية إلى المنسوب المبنى المطلوب بناقص ٣٠ سم تم صبها خرسانة عادية وتم الضغط للتربة قبل صب الخرسانة بالهراسات الاهتزازية **vibratory rollers** حتى وصلت الكثافة إلى ٩٦٪ على عمق متر من سطح الردم وذلك بازالة التربة القابلة للانهيار حتى العمق المطلوب ثم أعيدت على هيئة طبقات سمك كل منها ٣٠ سم مع دمك كل طبقة على حدة باستخدام الهراس مع وضع كمية من المياه المناسبة التى تعطى أقصى كثافة جافة .

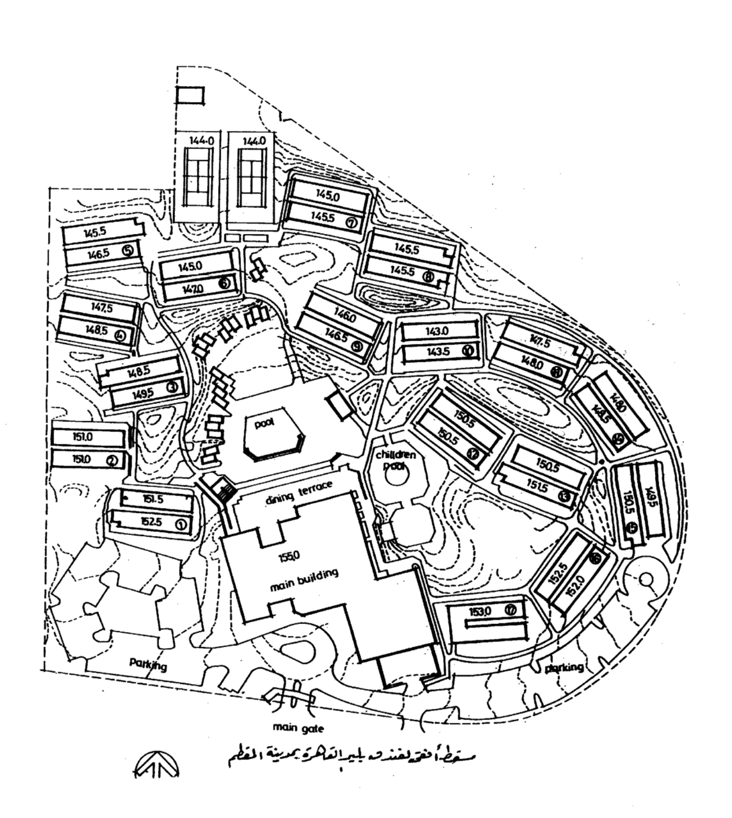
٣) تم عمل طبقة من الخرسانة العادية بنسبة ٣٠٠ كجم أسمنت : ٨ م٣ زلط : ٤ م٣ رمل لإعطاء المنسوب المطلوب ثم وضعت المبانى الخفيفة على الخرسانة العادية مباشرة والرسومات التالية تبين الموقع العام ثم جزء من تفاصيل المبانى مبين على كل مبنى خطوط الكنتور المساحية ومنسوب المبنى نفسه .



قطاع رأسى لمبنيين فى منسوب واحد وتبين طريقة الحفر والردم



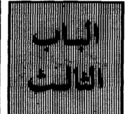
قطاع رأسى لمبنيين مختلفى المنسوب وتبين طريقة الحفر والردم



مسقط أفقي لفندق بلير القاهرة بمدينة المقطم



مسقط أفقي لجزء من فندق بلير بمدينة المقطم
مبيناً عليه المناسيب للخطوط الكنتورية ومناسيب المباني لحساب
كميات الحفر والردم قبل الدخول في العطاء .



الأساسات السطحية

يفضل استخدام الأساسات السطحية إذا كان سمك التربة المنتفخة يمتد إلى أعماق كبيرة وبالتالى يصعب أو يستحيل استخدام الأساسات العميقة – ويمكن استخدام الأساسات السطحية بنجاح فى حالة التربة المنتفخة إذا توفر أحد الشروط الآتية :

١ – الإجهادات نتيجة الحمل الميت المؤثر على التربة كافية لمنع الانتفاخ .

٢ – المبنى جاسىء بالقدر الكافى حيث لا يتأثر بالحركة نتيجة الانتفاح النسبى .

٣ – تقليل أو ملاشاه طاقة الانتفاخ المؤثرة على الأساسات ونظراً لأن وسادة التربة الغير منتفخة أسفل الأساسات يؤدى إلى توزيع حركة التربة الرأسية بصورة أكثر انتظاماً أى إلى تقليل الانتفاخ النسبى ، لذلك فإنه يفضل عدم التأسيس مباشرة على التربة قابلة الانتفاخ فى جميع الأحوال تصميم بحيث تتحمل أحمال المنشأ وبدرجة دمك تناسب طاقة الانتفاخ المتوقع . ويبين الشكلين التاليين نماذج استرشادية لطبقة الاستبدال رسم ٧

نموذج لطبقة الاستبدال (أ) للتربة على الأرض القابلة للانتفاخ

نموذج لطبقة الاستبدال (ب) للتربة على الأرض القابلة للانتفاخ

وتنقسم الدراسة التى سنقوم بها فى هذا الباب وهى الأساسات الشريطية والقواعد المشتركة :

١ – قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة .

٢ – الأساسات الشريطية .

٣ – قاعدة مشتركة لعامودين متساويين فى الأحمال .

٤ – قاعدة مشتركة لعامودين غير متساويين فى الأحمال أحدهما يبعد عن الجار ٥٠, متراً وبينهما كمرة .

٥ – قاعدة مشتركة لعامودين غير متساويين أحدهما يبعد عن الجار بمقدار ٥٠, .

٦ – قاعدة مشتركة مستطيلة لعامودين أحدهما ملاصق للجار .

٧ – قاعدة مشتركة شبه منحرف لعامودين أحدهما ملاصق للجار .

٨ – قاعدة مشتركة شبه منحرف لعامودين أحدهما ملاصق للجار بينهما كمرة .

٩ – قاعدة ذات ثلاثة أعمدة مختلفة الأبعاد والأحمال والعامودين بجوار الجار .

١٠ – القواعد الكابولية **Strap Footing** .

١١ – قاعدة لعامود واحد **(Rectangular Mono Cantilever)**

١٢ – الأساسات المستمرة **(Raft Foundation)** .

١٣ – الأساسات المستمرة لبشة مسطحة .

١٤ – أساسات مستمرة لنظام الكمرات والبلاطات .

وعند حلول أمثلة لهذه الأنواع سنشرح متى يستعمل كل نوع على حده ولأى الأغراض يفضل التصميم لبدء النوع وعند حساب الأساس لأى نوع يجب حساب جميع الأحمال المؤثرة على المبنى وهى الحمل الميت – الحمل الحى – حمل الرياح أو الزلازل وذلك حسب ما نص عليه فى الكود المصرى .

النموذج الأول

المطلوب تصميم قاعدة عليها ثلاثة أعمدة كل عامود يحمل ٤٥ طناً وبينهما كمرة (T) والمسافة من المحور إلى المحور ٢,٥٠ م وجهد التربة ١٢ طن / م٢ وعمق الحفر ١,٥٠ م .

المطلوب : أولاً : تصميم الأعمدة . Design of column.

. لتصميم العامود يستعمل القانون الآتى :

$p = Fc\ Ac\ (1 + 15\ u)$

حيث :

P = الحمل على العامود = ٤٥ طن .

Fc = جهد الخرسانة المسلحة = ٤٥ كجم / سم٢ .

U = نسبة مساحة الحديد إلى قطاع الخرسانة = 0.8% إلى 6%

$\therefore 45000 = 45\ Ac\ (.1.12)$

$\therefore Ac = \dfrac{45000}{45 \times 1.12} = 893\ cm^2$

لإيجاد الضلع الأكبر للعامود تقسم المساحة ÷ الضلع الأصغر للعامود ويساوى ٢٥سم .

$\therefore \dfrac{893}{25} = 35.7\ Cm$

٣٥ سم أى

$\therefore$

لإيجاد تسليح العامود تضرب المساحة × ١٪ =

$\therefore 25 \times 35 \times .1\% = 8.75\ cm^2$ say 6ϕ 13 and stirrups 6ϕ 6 / $\overline{m}$

ثانياً : تصميم القاعدة : Three combined footing with T section

يتم عمل هذا النموذج كلما كانت الأعمدة متقاربة ومتساوية المسافات وستختلط القواعد ببعضها ومهمة الأساسات الشريطية توزيع حمل الحوائط أو الأعمدة وأى حمل من الأحمال إلى التربة بحيث لا تزيد الأحمال المنقولة إلى منسوب التأسيس على قدرة تحمل التربة المسموح بها عند هذا المنسوب وللوصول إلى ذلك تحدد أبعاد القاعدة.وتصمم القاعدة على أنها تتحمل عزوم الانحناء الناتجة وقوى القص ونظراً لأن وزن القاعدة وما تتحمله من ردم يضاف إلى الأحمال عند حساب الإجهادات على التربة وذلك لوزن القاعدة العادية والقاعدة المسلحة والميد والحوائط الحاملة للدور الأرضى فهناك طريقتان .

الأولى : تقريبية وهى إضافة من ٨ : ١٢٪ من الحمل الواقع على الأعمدة والثانية هى القانون الآتى :

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a \cdot DF / q_{all}}$$

وبتطبيق هذا القانون نحصل على القيمة التالية

$$\bar{W} = \frac{135}{1 - \dfrac{2 \times 1.5}{12}} = 180\ \text{ton}$$

حيث :

$\bar{W}$ = الحمل الكلى الواقع على التربة = ١٨٠ طن — Total load on earth

W = الحمل الكلى للأعمدة = ١٣٥ طن — Total load of columns

γ_a = متوسط وزن القاعدة للخرسانة والأتربة (٢ طن / م٣) — A.V.G. unit weight of footing material and soil (2t / m^3)

D = عمق الحفر = ١,٥٠ — Foundation depth

q_{all} = الإجهاد المسموح به على التربة = ١٢ طن / م٢ — Gross allowable bearing stress of soil

لإيجاد أبعاد القاعدة تستعمل معادلة من الدرجة الثانية

$3\bar{W} = A\ (L + A) \times f$ allowable of soil

حيث :

$\bar{W}$ = الحمل للأعمدة الناتج من المعادلة = ١٨٠ طن

A = عرض القاعدة ويجب أن يكون البروز خارج الأعمدة = $(\frac{1}{2}A)$

L = المسافة بين العامودين = ٢,٥٠ × ٢ = ٥ م

F = جهد التربة ويساوى = ١٢ طن / م٢

$\therefore A(5 + A)12 = 12A^2 + 60A - 180 = 0$

هذه المعادلة من الدرجة الثانية وحلها يتبع القانون الآتى :

$$A = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

حيث :

a = الحد الأول من المعادلة = $12A^2$ والحد يساوى ١٢

b = الحد الثانى من المعادلة = $60A$ والحد يساوى ٦٠

c = الحد الثالث من المعادلة = -180

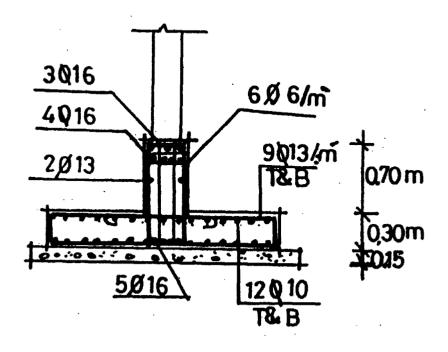
وبالتعويض فى المعادلة بالحدود السابقة

$$= \frac{-60 \pm \sqrt{60^2 - 4 \times 12 \times -180}}{2a} = \frac{-60 + 110.63}{24} = \frac{+50.63}{24} = 2.10m \therefore A = 2.10\ m$$

$B = 5 + 1.85 + 0.35 = 7.20\ m$

,٣١٥ = ١٧,٥ × ٢ وهى نصف طول العامود لجعل الفروق متساوية.........

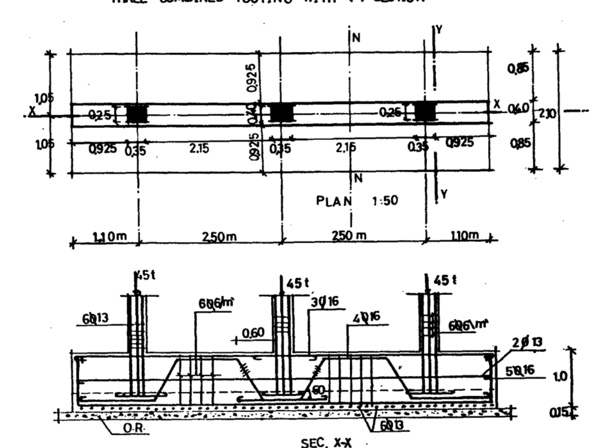
١,٨٥ = ٢,١٠ - ,٢٥ = وذلك عرض القاعدة مطروح منها عرض العامود ÷ ٢ = ,٩٢٥ هو ذراع العزم .

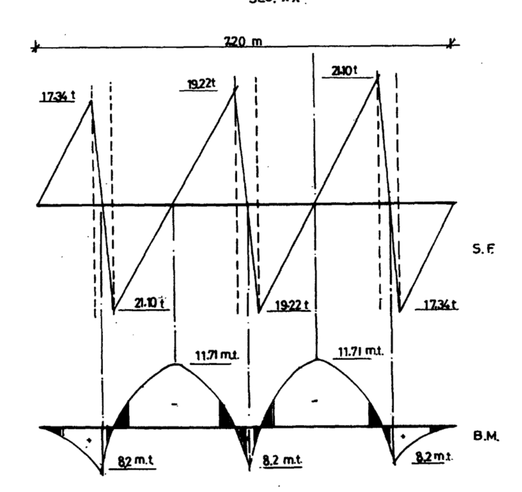


SEC. N-N

النموذج الأول : قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة متساوية الأحمال

THREE COMBINED FOOTING WITH (T) SECTION





load at the area of base /m$^-$ $= \frac{135}{7.2} = 18.75\ t\ /m^-$

load at the area of base /m^2 $= \frac{135}{2.10 \times 7.20} = 8.92 t\ /m^2$

Design of base

$B.M \approx x - x = \frac{WL^2}{2} = \frac{8.92 \times .925^2}{2} = 3.81\ m.t$

حيث :

W = الحمل على المتر المسطح = ١٨و٩٢ طن

L = البعد من العامود حتى نهاية القاعدة = ٠,٩٢٥م

$d = K_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = 0.334 \sqrt{\frac{381000}{100}} = 20.6\ cm$ say T 30 cm

when $f_c = 55\ kg / cm^2$ - $K_1 = 0.334$ - k_2 1227

$\bar{As} = 0.2\%\ A_c = 210 \times 30 \times 0.2\% = 12.6\ cm^2$ take 12ϕ 10 top and bottom

$As = \frac{M}{k_2 . x .87\ T} = \frac{381000}{1227 \times .87 \times 30} = 11.89\ cm^2$ say 9 ϕ 13/ $\bar{m}$

ومن حيث إن العزوم واحدة فى جميع الجهات لثبوت المسافة فيكون التسليح لعرض القاعدة ٢٠ ϕ ١٣ م وبطول القاعدة = ٦٦ ϕ ١٣ م يلاحظ اضافة سيخ للعدد الناتج

Design of T section

B.M of T section at y - y = $\frac{w \times L^2}{2} = \frac{18.75 \times .925^2}{2}$ 8.02 m.t

B.M of T section at N - N = $\frac{w \times L^2}{10} = \frac{18.75 \times 2.5^2}{10} = 11.71\ m.t$

وبهذا يمكن أخذ العزم الأكبر أساساً لتصميم الكمرة .

d to the beam $= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$ $\therefore 0.334 \sqrt{\frac{1171000}{40.}} = 64$ say T 90 cm

أخذ عرض الكمرة ٤٠ سم لتغطية أجهاد القص والاختراق والتماسك .

As to beam ≈ N - N = $\frac{1171000}{1227 \times .87 \times 90} = 12.18\ cm^2$ take 7 ϕ 16

As to beam ≈ y - y = $\frac{802000}{1227 \times .87 \times 90} = 8.34\ cm^2 = 5\phi 16$

check of stresses

1- check of shear (جهد القص)

$q = \frac{Q\bar{s}}{.87.T \times b}$

حيث Q_s = قوى القص عند القطاع y - y

q_s = جهد القص

d = ارتفاع القاعدة النظرى 0.87T

b = عرض القاعدة

ملاحظات على جهد القص عندما يكون جهد الضغط ٥٥ كجم / سم٢ :

١ – لو كان جهد القص q تساوى ٥ كجم فيمكن للخرسانة أن تحمله وتوضع كانات ٥ϕ٦/ مَ للكمرات .

٢ – لو كان جهد القص ٧ كجم فيجب وضع كانات ٦ ϕ ٨/ مَ .

٣ – لو كان جهد القص q_s أكثر من ٧ كجم / سم٢ وأقل من ١٤ كجم / سم٢ تعالج الخرسانة بوضع الكانات وبأسياخ مكسحة لمقاومة جهد القص .

٤ – لو كان جهد القص يزيد عن ١٤ كجم / سم٢ يجب زيادة القطاع لأن الخرسانة فى هذه الحالة تصبح غير اقتصادية .

ولحساب جهد القص عند القطاع y - y :

Q_s at y - y = .925 x 18.75 = 17.34 ton

Q_s under column = 0.35 x 18.75 = 6.56 ton

Q_s another side of column = 45 - (6.56 + 17.34) = 21.10 ton

q_s to beam $= \dfrac{21100}{40 \times .87 \times 90} = 6.73 \text{ Kg / cm}^2$

& stirr 6 ϕ 6 / m

To get d resistance shear $= \dfrac{21100}{40 \times .87 \times 6}$ $\therefore T = 100$ cm

يأخذ ارتفاع الكمرة ١٠٠ سم ولا داعى لتغيير التسليح :

2- check of punch (جهد الاختراق)

ملاحظات لجهد الاختراق :

١ – لون كان جهد الاختراق أكثر من ٨ كجم / سم٢ يزاد القطاع .

٢ – Qp = حمل العامود – مساحة العامود مضروباً فى الجهد .

٣ – هذه القوة تؤثر فى محيط العامود × ارتفاع الكمرة .

Q_p = 45 - (.25 x .35 x 8.92) = 44.22 ton

$q_p = \dfrac{44220}{(25 + 35)\, 2 \times 0.87 \times 100} = 4.23 \text{ Kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$

3- check of bond (جهد التماسك)

Q_b = arm of B.M x load at Area of base = 0.85 x 8.92 = 7.582 ton

$q_b = \dfrac{Q_b}{\Sigma \phi \times D \times \pi \times .87 \times T}$

حيث :

,٨٥ = $\dfrac{\text{,٤٠ – ٢ ,١٠}}{٢}$

٨,٩٢ = الجهد على القاعدة / م٢

Q_b = قوى التماسك

$\Sigma \phi$ = إجمالى عدد الأسياخ / مَ

π = النسبة التقريبية = ط

D = قطر السيخ

.87 T = d وهو الارتفاع العامل

$q_b =$ جهد القص للتماسك ويجب ألا يزيد عن ٨ كجم / سم٢

ملحوظة لجهد التماسك :

لو كان جهد التماسك أكبر من ٨ كجم / سم٢ يزاد ارتفاع الخرسانة أو يختار أسياخ أقل قطراً ليزداد طول المحيط للسيخ .

$$q_b = \frac{7582}{9 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 30} = 7.90\ Kg / cm^2 < 8\ Kg / cm^2$$

حيث :

٩ عدد الأسياخ بالمتر الطولى .

١,٣ سم = قطر السيخ ١٣ م .

٣,١٤ = النسبة التقريبية للدائرة .

٣٠ سم ارتفاع القاعدة المبسلحة .

ملحوظة هامة :

١ - حسبت الأبعاد للقاعدة على أن الكمرة عرضها ٢٥ سم ولكن صممت على أن عرضها ٤٠ سم للأمان فى جهد الاختراق والقص ويجب أن تبقى الأبعاد كما هى للزيادة فى الأمان .

٢ - فى حالة الحديد الثانوى يجب ألا تقل عن ٥ ϕ ١٠ م / مَ .

٣ - ظهر جهد القص ٦,٧٣ فلا داعى لزيادة الكانات عن ٥ ϕ ٦ م للكمرات .

٤ - إذا زاد جهد القص عن ٧ : ٨ كجم / سم٢ فتحسب الكانات حسب القانونى التالى :

$$\bar{q}_s = \frac{A_s\ stirr\ \times\ fs}{b \times a}$$

حيث :

A_s stirrups = مساحة فرع الكانة مضروباً فى عدد فروعها سواء كان ٤ فرع أو ٦ فرع .

F_s = جهد الحديد ويساوى ١٤٠٠ كجم / سم٢ .

b = البعد بين الكانتين .

a = عرض الكمرة .

النموذج الثانى

الأساسات الشريطية (STRIP FOOTINGS)

المطلوب تصميم ورسم لأساس صف من الأعمدة المسافة من المحور إلى المحور -٤,٠ م وحمل كل عامود ٤٥ طن بقطاع ٢٥ × ٣٥ سم وبتسليح ٦ ϕ ١٣ م وعمق الحفر ١,٦٠ سم من سطح الأرض ومقاومة التربة الخالصة ٩ طن / م٢ .

ملحوظة : هذه الأساسات تستخدم كأساس للحوائط بكافة أنواعها وللأعمدة المتقاربة فى المسافات والأحمال الواقعة على صف واحد والأساسات السطحية عموماً لا تصلح فى وجود الطبقة العليا من التربة الضعيفة إلى الدرجة التى يتسبب عن أحمال المنشأ انهيار قص فى بعض تلك الطبقات أو تضاغظ كبير لها مما يدمر أو تشوه استخدام المنشأ وفى حالة وجود أحمال كبيرة إلى الدرجة التى لا تكفى استخدام مساحة المنشأ كلها كأساس لزيادة الاجهادات المنقولة إلى التربة وعليه يجب الوصول إلى طبقات صخرية ولذلك لا تصلح فى تشييد الأبراج وناطحات السحاب ودعامات الكبارى الضخمة وكذلك لا تصلح فى حالة تواجد أحمال جانبية كبيرة مما يتطلب تكوين نظام إنشائى تحت الأرض لمقاومة المركبات الأفقية المنقولة للأساسات .

Design of slab **التصميم**

$$\text{load per } \bar{m} \quad \frac{45}{4} = 11.35 \text{ ton} / \bar{m}$$

لإيجاد الحمل بعد الزيادة للأساسات تستعمل القانون الآتى وتفسيره بالنموذج الأول

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a \cdot D_f / \cdot q_{all}} = \frac{11.25}{1 - \frac{2 \times 1.6}{9}} = \frac{11.25}{0.65} = 17.3 \text{ ton} / \bar{m}$$

$$\text{عرض القاعدة} = B = \frac{17.30}{9} = 1.92 \text{ m say} = 1.95 \text{ m}$$

$$\text{الجهد على القاعدة} = F = \frac{11.25}{1.95} = 5.85 \text{ Ton} / m^2$$

بفرض أن الكمرة عرضها ٣٥ سم فيكون الباقى من القاعدة من الجهتين :

هو $\frac{١٩٥ - ٣٥}{٢}$ = ٨٠ سم وهو ذراع العزم

$$B.M = \frac{wL^2}{2} = \frac{5.85 \times .80^2}{2} = 1.872 \text{ m.t}$$

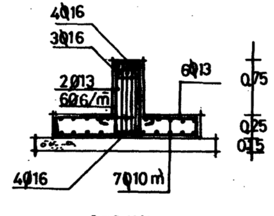
$$d = K_1\sqrt{\frac{M}{b}} = .334\sqrt{\frac{187200}{100}} = 14.45 \text{ cm say T } 25 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2.d} = \frac{187200}{1227 \times .87 \times 25} = 7 \text{ cm}^2 \text{ say } 6 \phi 13 / m$$

الحديد السابق استخراجه ٦ Φ ١٣ م / مَ هذا بطول القاعدة ويجب أن يكون هذا الحديد كانة مقفلة أما الحديد الطولى فيأخذ بمقدار ٢,٪ من مساحة الخرسانة علوى وسفلى .

$$\bar{A_s} = 195 \times 25 \times \frac{2}{1000} = 9.75 \text{ cm Say } 14 \phi 10 \text{ mm}$$

يوضع ١٠ Φ ١٠ م علوى ١٠ Φ ١٠ م سفلى لأن التسليح الثانوى لا يقل عن خمسة أسياخ فى المتر .

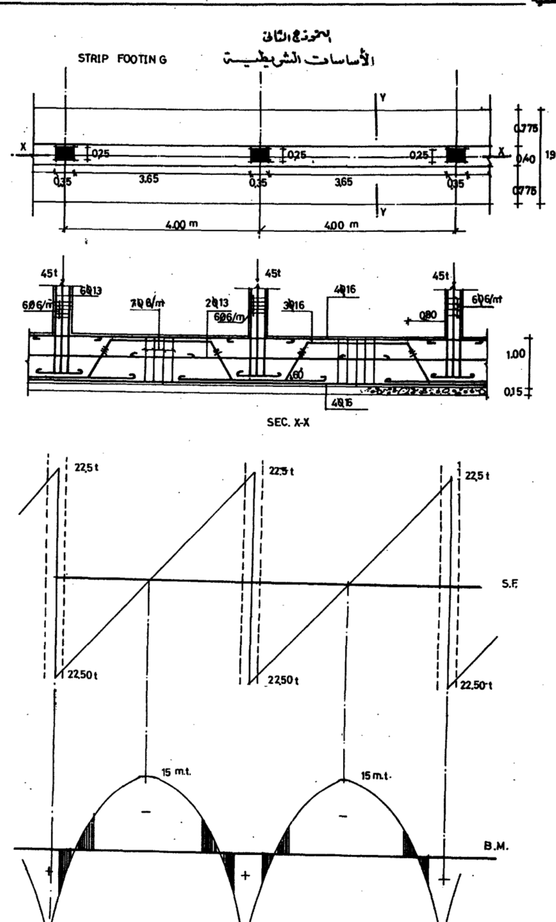


SEC.Y-Y

النموذج الثاني

الأساسات الشريطية

STRIP FOOTING



Design of beam :

$$B.M + = \frac{WL^2}{12} = \frac{11.25 \times 4^2}{12} = 15 \text{ m.t}$$

$$B.M - = \frac{WL^2}{10} = \frac{11.25 \times 4^2}{10} = 18 \text{ m.t}$$

$$d = K\sqrt{\frac{M}{b}} = 0.334\sqrt{\frac{1800000}{40}}$$ 70 cm say T 100 cm to resist shear

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1800000}{1227 \times .87 \times 100} = 16 \text{ cm}^2 \text{ say } 8\ \phi\ 16 \text{ mm}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{1500000}{1227 \times .87 \times 100} = 14 \text{ cm}^2 \text{ say } 7\ \phi\ 16 \text{ mm}$$

$$As^- = 0.2\%\ Ac = \frac{100 \times 40 \times 2}{1000} = 8 \text{ cm}^2 \text{ say } 4\ \phi\ 16$$

Check of stresses

1- Check of shear to beam

$$Q_s = \frac{45}{2} = 22.50 \text{ ton}$$

$$d \text{ to resist shear} = \frac{22500}{.87 \times 40 \times 8} = 90 \text{ cm}$$

تأخذ ارتفاع الكمرة ١٠٠ سم ويظل الحساب كما هو .

$$q_s = \frac{Q_s}{.87\ T \times b} = \frac{22500}{.87 \times 100 \times 40} = 6.64 \text{ kg / cm}^2$$

2- Check of punching

Check of punch to beam

$$Q_p = 45 - 0.25 \times 0.35 \times 9 = 44.2125 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{44212}{(25 + 35)\ 2 \times 100} = 3.40 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

3- Check of bond

Check of bond to slab

$$Q_b = \text{arm of B.M} \times \text{load / m}^2 = 0.80 \times 5.85 = 4.68 \text{ ton}$$

$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma\ \phi \times \pi \times D \times .87 \times T} = \frac{4680}{12 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 25} = 4.39 < 8 \text{kg / cm}^2$$

حيث :

١٢ = عدد الأسياخ ١٣ مم فى المتر الطولى ككانة علوى وسفلى .
١,٣ = قطر سيخ ١٣ مم .
٣,١٤ = النسبة التقريبية .
٠,٨٧ × ٢٥ = الارتفاع العامل .

$$A_s \text{ stirr} = \frac{6 \times 0.494 \times 1400}{40 \times 15} = 6.9 \text{ Kg/cm}^2$$

take bent bars 3 ϕ 16

النموذج الثالث

قاعدة مستطيلة مشتركة لعامودين متساويى الأحمال

A rectangular combined footing for two columns equal in weight

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعامودين مقاس ٢٥ × ٤٠ سم وبتسليح٦ϕ١٦ مم لكل عامود والمسافة بين كل عامود من المحور إلى المحور -٣,٠ م والحمل الواقع على كل عامود ٦٠ طن وجهد التربة ١٥ طن / م٢ وعمق الحفر -٢,٠ متر من سطح الأرض ويتم عمل هذا النموذج فى حالة تقارب الأعمدة وستختلط القواعد مع بعضها .

ملحوظة : القواعد المشتركة هى تلك التى تحمل أكثر من عامود فى صف واحد ويمكن تصميم القواعد المشتركة بواسطة الطرق التقليدية باعتبار القاعدة صلبة Rigid member أو باعتبار القاعدة كمرة على أساس مرن ويحقق توزيع الاجهادات بانتظام حيث تكون محصلة القوتين فى مركز ثقل القاعدة المشتركة وتلك هى العادة فى افتراض الاجهادات عند التصميم باعتبار أن القاعدة صلبة أو أن يكون التوزيع يتناسب مع هبوط القاعدة وذلك باعتبار التربة وسط مرن يعطى رد فعل يتناسب مع التضاغط فى التربة .

التصميم :

الحمل بما فيه إضافة الأساس حسب هذه المعادلة :

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - 8_a . D_f / q_{all}}$$

$$= \frac{120}{1 - \frac{2 \times 2}{15}} = \frac{120}{.734} = 163 \text{ ton}$$

لإيجاد أبعاد القاعدة تستعمل المعادلة من الدرجة الثانية الآتية :
وقد سبق تعريف هذه المعادلة فى النموذج الأول فيرجع إلى هذا التعريف
وتنطبق المعادلة التالية :

$$\bar{W} = A (L + A) \times f \text{ allowable of soil}$$

$$163 = A (3 + A) 15 = 15A^2 + 45A - 163 =$$

$$A = \frac{- b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\frac{+ 45 \pm \sqrt{45^2 - 4 \times 15 \times - 163}}{2 \times 15} = \frac{- 45 + \sqrt{10185}}{30} = 2.30 \text{ m} \therefore \frac{1}{2} A = 1.15 \text{ m}$$

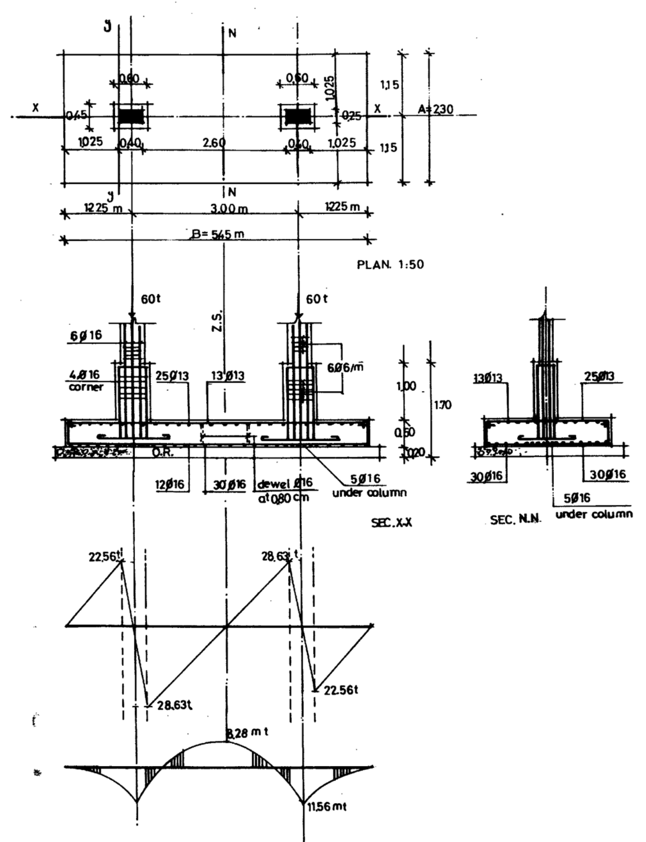
length of the base (B) $= 3 + 2.30 + 0.15 = 5.45$ .. A $= 230$

load at the area of base per $\bar{m}$ $= \frac{120}{5.45} = 22.01 \text{ ton} / \bar{m}$

load at the area of base per m^2 $= \frac{120}{2.3 \times 5.45} = 9.57 \text{ ton} / m^2$

النموذج الثالث
قاعدة مستطيلة مشتركة لعامودين متساويي الأحمال

A rectangular combined footing for two columns equal in weight



$B.M = x - x$ per m $= \frac{wL^2}{2} = \frac{9.57 \times 1.025^2}{2}$ 5.027 m.t

$B.M = y - y = \frac{wL^2}{2} = \frac{22.01 \times 1.025^2}{2} = 11.56$ m.t

$B.M = N - N = \frac{wL^2}{2} - 60 \times \frac{3}{2} = \frac{22.01 \times 2.725^2}{2} - 60 \times 1.5 = 8.28$ / m.t

يأخذ أكبر B.M لاستنتاج جميع الاجهادات .

$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = 0.334 \sqrt{\frac{1156000}{230}} = 24$ cm take T 35 cm

Q_s at y - y = 1.025 x 22.01 = 22.56 ton

Q_s under column = .40 x 22.01 = 8.804 ton

Q_s another side to y - y = 60 - (22.56 + 8.804) = 28.636 ton

وهناك نظرية لاستنتاج أكبر قوى قص = ٦٠ − ٢٢,٥٦ = ٣٧,٤٤ طن ولكن لا مانع من استعمال ٢٨,٦٣٦ طن .

$q_s = \frac{Q_s}{A \times .87 \times T} = \frac{28636}{230 \times .87 \times 35} = 4.08$ kg / cm^2 < 6 Kg / cm^2

As at y-y $= \frac{M}{K_2 \times .87 T} = \frac{1156000}{1227 \times .87 \times 35} = 30.9$ cm^2

ونظراً لأن نسبة الحديد ستكون عالية وبالتالى تزيد التكلفة الفعلية فيجب زيادة الارتفاع إلى ٥٠سم ولهذا تصبح القاعدة أصلب (Stiffer) بالإضافة إلى قلة نسبة الحديد علماً بأن الارتفاع ٥٠ سم لا يغطى جهد التماسك وعليه يتم عمل قاعدة للأعمدة Pedestal .

As at N - N $= \frac{M}{K_2 .87 T} = \frac{828000}{1227 \times .87 \times 50} = 15.5$ / cm^2 $= \frac{13\phi13}{2.30 \text{ m}}$

A_s at y-y $= \frac{M}{K_2 .78T} = \frac{1156000}{1227 \times 50} = 21$ cm^2 $= \frac{13\phi16}{2.30}$

ومن حيث إن مسافة العزوم واحدة فيصبح التسليح حول $x - x$ =

$\therefore = \frac{13\phi16}{2.3} \times 5.45 = \frac{30\ \phi16}{5.45 \text{ m}}$

As .015 % x Ac $= \frac{50 \times 545 \times .015\ \%}{2} = 2o$ cm^2 take 25ϕ 13

check of punching

Qp = 60 - .25 x .40 x 9.57 = = 59.043 Ton

وهناك طريقة أخرى لاستنتاج قوة الاختراق وهى :

يأخذعرض العامود + $\frac{٢}{٣}$ الارتفاع =٢٥, + $\frac{٢}{٣}$ × ٥٠ = ٥٨,٣ سم

تأخذطول العامود + $\frac{٢}{٣}$ الارتفاع =٤٠ + $\frac{٢}{٣}$ × ٥٠ = ٧٣ سم

والناتج من المساحة يضرب × ٩,٥٧ طن / م٢ = ٥٨,٣٠ × ٧٣,٣٠ × ٩,٥٧

= ٤,٠٠٨ طن

$\therefore Q^{p} = 60 - 4.08 = 55.920$ ton

ولكن للأمان سنأخذ الطريقة الأولى :

$$q_p = \frac{59045}{2\,(25+\,40)\times .87\times 50} = 1044 > 8 \text{ kg}$$

فى هذه الحالة إما يزاد الارتفاع أو يزاد طول وعرض العامود بمقدار ١٠ سم بارتفاع متر من القاعدة .

$$q_p = \frac{59042}{2\,(45+60)\times .87\times 50} = 6.46 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

check of bond

$$q_b = \frac{Q_p/4}{\Sigma\,\phi \times \pi \times D \times .87\, d} = \frac{59042/4}{12\times 3.14\times 1.6\times .87\times 50} = 5.62 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

وعليه يزاد الـ (Pedestal) بمقدار٤ $\phi \frac{5}{8}$ فى الأربعة أركان .

النموذج الرابع

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعامودين مختلفين فى الأحمال أحدهما يبعد محوره عن الجار ٠,٥٠م وقطاعه ٠,٣٠ × ٠,٣٥ م بتسليح ٨ ϕ ١٣م والحمل الواقع عليه ٥٠ طن (P_1) والثانى يبعد عن محور الأول ٣,٥٠م والعامود الثانى قطاع ٠,٣٠ × ٠,٥٠ م بتسليح ٨ ϕ ١٦ مم والحمل الواقع عليه ٨٠ طن (P_2) مع اعتبار القطاع الخرسانى حرف T ومنسوب التأسيس -٢,٠م من سطح الأرض وجهد التأسيس ١٩ طن / م٢ـ يختار هذا النوع عندمايكون بعد العامود من الجار محكوم بأى مسافة والعامود الثانى محكوم بمسافة المحور إلى المحور .

ملحوظة : هذا النوع من الأساس يختلف عن الثلاثة أمثلة السابقة حيث كانت محصلة القوتين فى مركز ثقل القاعدة المشتركة ويستعمل هذا النوع فى حالة الرغبة فى التغلب على اللامركزية الناجمة عن وجود أعمدة ملاصقة لخط الجار أو يبعد عنه قليلاً وذلك باختيار أقرب الأعمدة الداخلية على خط واحد مع عامود الجار وعمل قاعدة مشتركة للعامودين بحيث يكون مركز ثقل القاعدة منطبقاً على محصلة قوتى العامودين وأيضاً يستخدم القواعد المشتركة حيث يكون واجبة الاستخدام عند تداخل قواعد عدد محدود من الأعمدة المتقاربة ويجب فى تلك الحالة تشكيل القاعدة بحيث ينطبق مركز ثقلها مع محصلة قوى الأعمدة المتقاربة وذلك للتغلب على اللامركزية التى قد تسبب دوران أو تفاوت فى الهبوط أو زيادة كبيرة فى الإجهادات المنقولة للتربة بما قد يزيد عن قدرة تحمل التربة المسموح بها وتأخذ هذه الأنواع أشكالاً عديدة سنأخذ أمثلة لكل منها بعد ذلك .

التصميم :

الحمل بما فيه إضافة الأساس حسب هذه المعادلة

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a . D_f \ / \ q_{all}}$$

$$\bar{W} = \frac{130}{1 - \frac{2\times 2}{19}} = \frac{130}{0.79} = 164 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{164}{19} = 8.63 \text{ m}^2$$

Load at area of base / m² $= \dfrac{130}{8.63}$ $= 15.06$ ton / m²

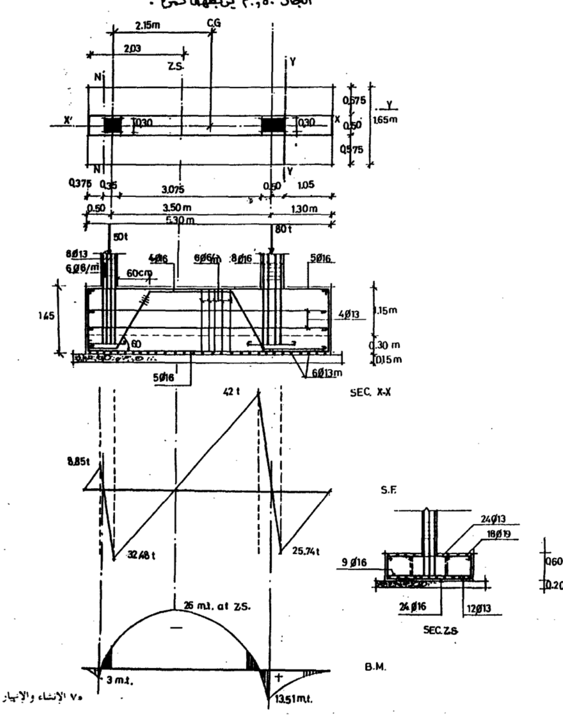
To get C.G ∴ 80 x 3.5 $= 130 \times x$ ∴ $x = 2.15$ m

Length of base $= (.50 + 2.15)\,2$ $= 5.3$ m

Breadth of base $= \dfrac{8.63}{5.30}$ $= 1.62$ m

Load at base per m⁻ $= \dfrac{130}{5.30}$ $= 24.52$ ton / m⁻

النموذج الرابع
قاعدة لعامودين أحدهما محورم يبعد عن
الجار ٠,٥٠م يربطهما كمرة .



Design of base

Let breadth of beam = .50 m ∴ arm of B.M $= \frac{1.65 - .50}{2} = .575$ m

B.M = χ - χ $= \frac{wL^2}{2} = \frac{15.06 \times 0.575^2}{2}$ =2.49 m.t

d $= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{249000}{100}}$ = 16.6 cm say T 30 cm

As $= \frac{M}{K_2 \times .87\ T} = \frac{249000}{1227 \times .87 \times 30}$ = 7.7 8 cm^2 say 6 13 / m

Aś = 0.2 % of area $= 1.62 \times 30 \times \frac{2}{1000}$ = 9.72 cm^2 say 13 φ 10 to top and bottom

Design of beam :

To get zero shear = 24.52 x χ = 50 ∴ χ $= \frac{50}{24.52}$ = 2.03 m

B.M = y - y $= \frac{wL^2}{2} = \frac{1.05^2 \times 24.52}{2}$ = 13.51 m.t

B.M at zero shear $= 1.53 \times 50 - \frac{2.03^2 \times 24.52}{2}$ = 26 m.t

B.M = N - N $= \frac{wL^2}{2} = \frac{24.52 \times 0.35^2}{2}$ = 3 m.t

d to B.M 26 m.t $= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{2600000}{50}}$ = 80 cm

To get (d) to shear get Q_{sh}

Q_{sh} at y - y	= 24.52 x 1.05	= 25.74 ton
Q_{sh} under column	= 24.52 x .50	= 12.26 ton
Q_{sh} at another side of column P_2	= 80 - (25.75 + 12.26)	= 42 ton
Q_{sh} at N - N	24.52 x .35	= 8.58 ton
Q_{sh} under column p_1	24.52 x .35	= 8.58 ton
Q_{sh} another side of column P_1	= 50 - (8.58 + 8.58)	= 32.48 ton
d.at Q_{sh} 42 ton	=& let q_s = 10 kg / cm	

∴ T $= \frac{Q_{sh}}{50 \times .87 \times 10} = \frac{42000}{50 \times .87 \times 70}$ .96 cm take T 105 cm

A_s to B.M. y - y $= \frac{M}{K_2 \times .87\ T} = \frac{1351000}{1227 \times .87 \times 105}$ = 12 cm^2 take 4φ 19

A_s to B.M at zero shear $= \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 105}$ = 23 cm^2 take 9φ 19

A_s to B.M = N - N $= \frac{300000}{1227 \times .87 \times 105}$ $= 2.67\ cm^2$ take 1φ 19

A_s = % 015 from Ac 105 x 50 x .015 % = 7.87 cm take 3φ 19

Check of punching stresses:

$Q_p = 80 - (.30 \times .50)\ 15.06$ = 77.74 ton

$q_p = \frac{Q_p}{(30 + 50)\ 2 \times .87\ T} = \frac{77740}{(30 + 50)\ 2 \times .87 \times 105}$ $= 5.31\ kg / cm^2 < 8$

Check of bond stress to slab

Q_b = w x arm of B.M = 15.06 x .56 = 8.43 ton

$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times D \times .87\ T} = \frac{8430}{6 \times 3.14 \times 103 \times .87 \times 30}$ $= 13.18\ kg / cm^2 > 8\ Kg / cm^2$

To resist bond stress increase depth to 40 cm and 9φ 13 instead of 6φ 13

$q_b = \frac{8430}{9 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 40}$ $= 6.54\ kg / cm^2 < 8 Kg / cm^2$

ملحوظة هامة :

١ - لاستنتاج مساحة الحديد التى تغطى ١٠ كجم / سم٢ لقوى القص فقد سبق أن عرفنا إذا زادت قوى القص عن ٧ كجم / سم٢ يجب أن نعالج قوى القص بالكانات وبالأسياخ المكسحة .

٢ - لاستنتاج الكانات بفرض أن الكانة ذات ستة فروع Φ ١٠

$\therefore q\ stirr = \frac{A_s stirr \times F_s}{b \times a}$

$= \frac{6 \times .723 \times 1400}{15 \times 50}$ $= 8.09\ kg / cm^2$

حيث :

6 = عدد فروع الكانة . 15 = المسافة بين الكانتين بالسم

.723 = مساحة سيخ Φ ١٠ . 50 = عرض الكمرة بالسم

1400 = جهد الحديد .

يوضع ٣ Φ ١٩ أسياخ مكسحة لتحمل القص (Bent bars) وعليه سيكون هذا الحل مكلف جداً بالنسبة للحديد وإذا تم حساب الفرق بعد زيادة الارتفاع وبين الحديد الناتج من الحساب فللاقتصاد يجب زيادة الارتفاع إلى ١,٤٥ متر ويرجى الرجوع للمنشأة المعمارية لبند الأساسات فى دراسة العطاءات فستتعرف على الفرق .

A_s to T 1.45 at B.M at y - y $= \frac{1351000}{1227 \times .87 \times 145}$ $= 8.73\ cm^2$ take 5Φ 16

A_s at zero shear $= \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 145}$ $= 16.79\ cm^2$ take 9Φ 16

A_s at N - N $= \frac{300000}{1227 \times .87 \times 145}$ $= 1.9\ cm^2$ take 2φ 16

$q_s = \frac{42000}{50 \times .87 \times 145}$ $= 6.65\ kg / cm^2 < 7\ Kg / cm^2$

put stirr 6 φ 6 at four branches per m

النموذج الخامس

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعامودين بنفس بيانات النموذج الرابع ولكن بدلاً من كمرة بين العامودين يتم عمل القاعدة بدون كمرة وبنفس الأبعاد والأحمال السابقة .

Design of base

from example No (4)

Area of base = 8.63 m^2 & load at area of base / m^2 = 15.06 / m^2

C.G = 2.15 m & length of base = 5.3 m & breadth of base 1.62 m

load at base / m = 24.52 ton/ m & zero shear = 2.03 m from neighbour

B.M at zero shear = 26 m.t & B.M at y - y = 7.87 m.t

$$d \text{ to B.M} = K_1\sqrt{\frac{m}{b}} = .334\sqrt{\frac{2600000}{162}} = 42 \text{ cm}$$

$$d \text{ to shear} = \frac{Q_s}{.87 \times q_s \times b} = \frac{42000}{.87 \times 6 \times 165} = 48 \text{ say T } 55 \text{ cm}$$

$$A_s = \frac{m}{k_2 . d} = \frac{2600000}{1227 \times .87 \times 55} = 44 \text{ cm take } 22\ \phi\ 16 \text{ at } 165 \text{ cm}$$

B.Mat $\chi - \chi$

$$\text{arm of cantilever} = \frac{1.65 - 30}{2} = .675 \text{ m}$$

$$B.M = \frac{wxL^2}{2} = \frac{0.675^2 x\ 15.06}{2} = 3.28 \text{ m.t}$$

$$A_s = \frac{M}{K_2 . d} = \frac{328000}{1227 \times .87 \times 55} = 5.12 \text{ cm}^2 \text{ say } 5\ \phi\ 13 / m$$

$$A_s \text{ at B.M y - y} = \frac{1351000}{1227 \times .87 \times 55} = 23 \text{ cm}^2 \text{ say } 12\ \phi\ 16 \text{ at } 165 \text{ cm}$$

$$A_s = 0.2\ \%\ Ac = \frac{55 \times 530 \times 2}{1000}$$ 59 cm^2 take 5 ϕ 13 / m at top & bottom

Ckeck of punching

$$Q_p = 80 - \left[(a + \tfrac{2}{3}\ d) \times (b + \tfrac{2}{3}\ d) \right] 15.06 = 80 - \left[(30 + 40)(50 + 40) \right] 15.06 = 70.52 \text{ ton}$$

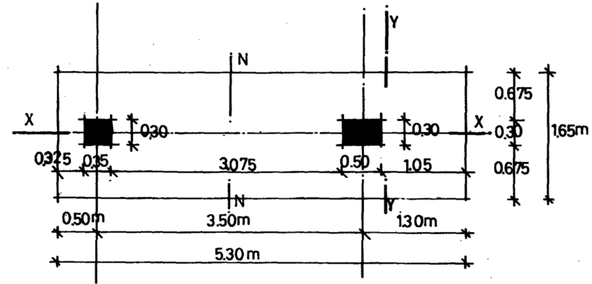
$$q_p = \frac{70520}{2\ (70 + 90) \times .87 \times 55} = 4.60 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ Kg / cm}^2$$

Check of bond

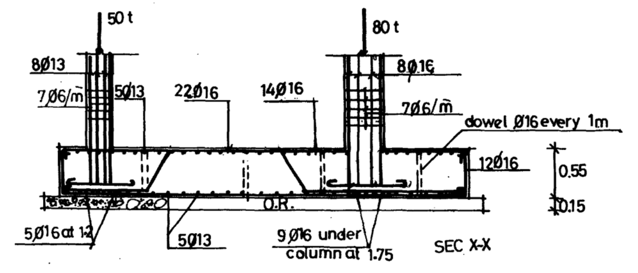
$$q_p = \frac{Q_p / 4}{\Sigma\ \phi \times 3.14 \times D \times .87 \times T} = \frac{70520 / 4}{29 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 55} = 2.4 \text{ kg/cm}^2 \angle 8 \text{ kg/cm}$$

النموذج الخامس

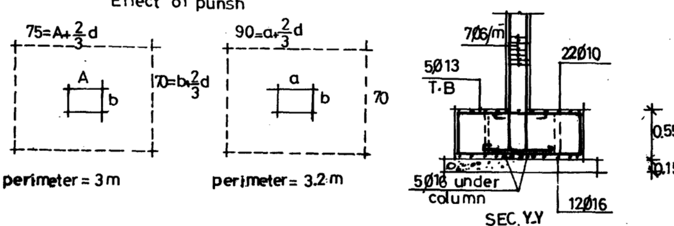
قاعدة مشتركة لعامودين مثل نموذج ٤ بدون كمرة بينهما



PLAN. 1:50



Effect of punsh



let (d)= 60 cm

النموذج السادس

قاعدة مشتركة مستطيلة لعامودين أحدهما ملاصق للجار

Rectangular combined footing for two columns, one of them close to neighbour

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لعامودين أحدهما ملاصق للجار وحمله ٥٠ طن (P_1) وقطاعه ٠٫٣٠ × ٠٫٣٥، وبتسليح ١٣ ϕ٨ م والعامود الثانى قطاعه ٠٫٣٠ × ٠٫٥، وبتسليح ١٢ϕ١٣ م وحمله ٨٠ طن (P_2) والمسافة بين العامودين من المحور إلى المحور ٣٫٥٠ وجهد التربة الخالص ١٩ طن / م٢ وعمق الحفر من سطح الأرض ٢م .

ويتم استعمال هذا النموذج فى حالة ما إذ كان المسافة بين العامودين صغيرة وستختلط القاعدتين مع بعضهما ولتصميم هذه القاعدة يجب أن يكون طول القاعدة مساوياً لضعف المسافة لمركز ثقل العامودين والتى يتم تحديدها من بعد المحصلة عن خط الجار ويحسب القطاع الخرسانى للقاعدة بحساب عزوم الإنحناء وتوزيعها طولياً على محور القاعدة الخط الواصل من الأعمدة وكما سبق فى تصميم القواعد الشريطية أو القاعدة ذات الثلاثة أعمدة ويكون الإجهادات الخالصة f التى تستخدم لحساب القطاع الخرسانى للقاعدة حيث f = مجموع أحمال الأعمدة / مساحة القاعدة ويجب أن يكون ارتفاع القاعدة يغطى جميع الإجهادات من قص واختراق وتماسك ، وخلافاً للتصميم المتبع فى القواعد ذات الكمرات فإن الاتجاه العرضى transverse direction يجب حساب التسليح اللازم له وتصمم كقاعدة منفصلة لكل عامود على حدة على ألا يزيد عرض هذه القاعدة المعتبر فى الاتجاه الطولى عن عرض القاعدة المشتركة أو نصف المسافة بين العامودين المتجاورين (لا تزيد عن نصف البحر) .

التصميم

الحمل بما فيه إضافة حسب هذه المعادلة .

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a D_f / q_{all}} = \frac{130}{1 - \frac{2 \times 2}{19}} = \frac{130}{.79} = 164 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{164}{19} = 8.63 \text{ m}^2$$

لاستنتاج مسافة مركز ثقل القاعدة (C.G) يتبع الآتى .

C.G $= 80 \times 3.5 = 1.3 \times \chi \quad \therefore \chi = 2.15$ m

The length of the base $= (2.15 + .175)\, 2 = 4.65$ m

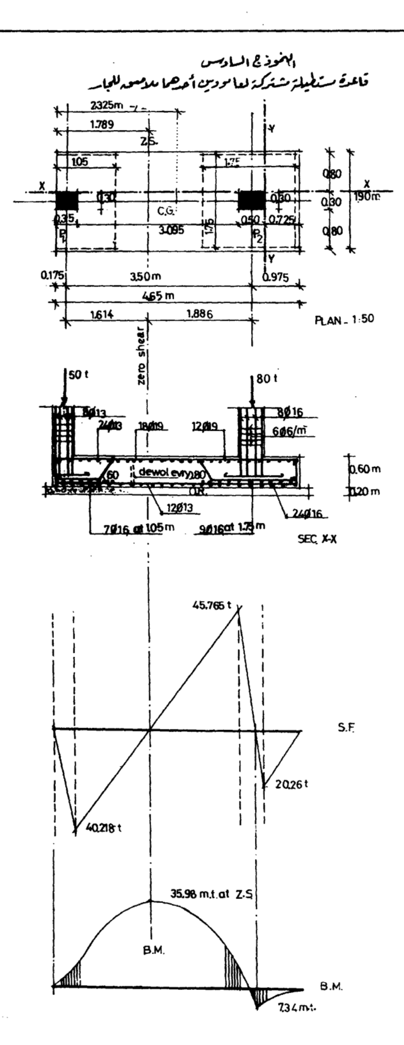
The breadth of the base $= \frac{8.63}{4.65} = 1.86$ say 1.90 m

Load at base / m^2 $= \frac{130}{8.83} = 15.06$ ton/ m^2

Load at base / $\bar{m}$ $= \frac{130}{4.65} = 27.95$ Ton / $\bar{m}$

Ta get zero shear, $= 27.45 \times \chi = 50 \quad \therefore \chi = 1.789$ m .

النموذج السادس
قاعدة مستطيلة مشتركة لعامودين أحدهما ملاصق للجار



Design of base

B.M = y - y $= \frac{wL^2}{2} = \frac{27.95 \times .725^2}{2}$ = 7.34 m.t

B.M = N - N $= \frac{wL^2}{2} - 50x\,\chi = \frac{27.95 \times 1.789^2}{2} - 50 \times 1.614$ = 35.98 m.t

B.M = χ - χ $= \frac{wL^2}{2} / \bar{m} = \frac{0.80^2 \times 15.06}{2}$ = 4.81 m.t / ḿ

Transverse direction

سبق أن أخذنا العزم حول N -N وهذا العزم يمثل الاتجاه الطولى ولاستنتاج العزم تحت الأعمدة تقسم المسافة بين محورى العامودين ÷ ٢ أى $\frac{٣,٥}{٢}$ = ١,٧٥ وهى أقل من عرض القاعدة ١,٩٠ وتصمم كقاعدة منفصلة لكل عامود على حدة على ألا يزيد عرض هذه القاعدة عن ١,٩ وسنأخذ عرض هذه القاعدة ١,٧٥م .

The distance of cantilever $= \frac{1.75 - 30}{2}$ = .725 m

B. M under P_1 $= \frac{50}{2} \times \frac{.725^2}{2}$ = 6.57 m.t

B.M under p_2 $= \frac{80}{2} \times \frac{.725^2}{2}$ = 10.51 m.t

d to B.M 35.98 m.t $= .334 \sqrt{\frac{3598000}{190}}$ = 48 cm tak T 50 cm

To get d to resist shear

Q_s at y - y = .725 x 27.95 = 20.26 ton

Q_s under P_2 = .50 x 27.95 = 13.975 ton

Q_s at another side to P_2 = 80 - (20.26 + 13.975) = 45.765 ton

Q_s under P_1 = .35 x 27.95 = 9.782 ton

Q_s at another side to P_1 = 50 - 9.782 = 40.218 ton

d to shear 45.765 ton $= \frac{45765}{190 \times .87 \times 8}$ = 34.60 cm say T (50)

A_s at B.M-35.98 m.t $= \frac{M}{K_2 \, .87\, T} = \frac{3598000}{1227 \times .87 \times 50}$ = 67.41 cm² say 24 φ 19 mm

Increase (T) to 6o cm to decrease A_s $= \frac{3598000}{1227 \times .87 \times 60}$ = 56.71cm² say 18 φ 19 mm

A_s to B.M 4.81 m.t/ $\bar{m}$ to 4.65 m = 4.81 x 4.65 = 22.365 m.t $= \frac{2236500}{1227 \times .87 \times 60}$ = 34.92 cm² say 24 φ 16 mm

A_s under P_1 $= \dfrac{657000}{1227 \times .87 \times 60}$ $= \dfrac{10.25\ cm^2 \text{ say } 7\ \phi\ 16\ mm}{1.05\ m}$

A_s under P_2 $= \dfrac{1051000}{1227 \times .87 \times 60}$ $= 16.40\ cm^2$ say $\dfrac{9\ \phi\ 16\ mm}{1.75\ m}$

A_s at y - y $= \dfrac{734000}{1227 \times .87 \times 60}$ $= 11.45\ cm^2$ say $12\ \phi\ 13$

$A_s = 0.2\%$ Ac at one meter. $= \dfrac{100 \times 60 \times 2}{1000}$ $= 12\ cm^2 / m^-$ say $6\ \phi\ 13\ ./m^-$ at top & bottom

Check of punching stresses

$Q_{p_2} = 80 - (b + \frac{2}{3} d)(A + \frac{2}{3} d)\ 15.06$

$= 80 - (.30 + .40)(.50 + .40)\ 15.06 = 70.52$ ton

$q_{p_2} = \dfrac{70520}{2(70 + 90).87 \times 60} = 4.22\ k/cm^2 < 8\ kg/cm^2$

$Q_{p_1} = 50 - (b + \frac{2}{3} d)(A + \frac{2}{3} d)\ 15.06$

$= 50 - (30 + 40)(35 + 40)\ 15.06 = 42.094$ ton

$q_{p_1} = \dfrac{42094}{(2 \times 75 + 70).87 \times 60} = 3.665\ kg/cm^2 < 8\ kg/cm^2$

Check of bond stress

$Q_b = Qp/.4$

$q_b\ at_{p2} = \dfrac{70520/4}{9 \times 1.6 \times 3.14 \times .87 \times 60} = 4.45\ kg/cm^2 < 8\ kg/cm^2$

النموذج السابع

قاعدة مشتركة شبه منحرف لعامودين أحدهما ملاصق للجار

A combined trapezium footing for two columns one of them close to neighbour

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لشبه منحرف لعامودين أحدهما (P_1) ملاصق لخط الجار (line property) قطاعه ٣٠ × ٤٠ سم وبتسليح ٨ϕ ١٦ م والحمل الواقع عليه ٦٠ طن والعامود الثانى (P_2) قطاعه ٣٠ × ٦٠ وبتسليح ١٢ ϕ ١٦ مم والحمل الواقع عليه ١٠٠ طن والمسافة بين محورى الأعمدة ٣,٥٠م وإجمالى طول القاعدة ٤,٦٥ م وجهد التربة ١٩ طن / م٢ وعمق الحفر من سطح الأرض ٢,٠ م .

ملحوظة : حدد طول القاعدة ٤,٦٥ مثل المثال السابق لقاعدة مشتركة مستطيلة لعامودين أحدهما ملاصق للجار وكان حمل كل منها ٥٠ ، ٨٠ طن وكانت للقاعدة مطلق الحرية فى الطول وفى هذه القاعدة حدد هذا الطول بمقدار ٤,٦٥ ولكن زيدت الأحمال إلى ٦٠ ، ١٠٠ طن وهذه الزيادة لا بد لها من مسطح أكبر فلا تصلح القاعدة المستطيلة وتصلح القاعدة الشبه منحرف لتعطينا المساحة المطلوبة لتوزيع الجهد – وبذلك تكون المحصلة w (مجموع حملى العامودين) فإنها ستقع على مسافة s من الجهة الداخلية والمسافة z من الجهة الخارجية وعليه يكون اختيار الشكل المستطيل مصحوباً للا مركزية وللتغلب على ذلك يجب تشكيل

القاعدة فى المسقط الأفقى بحيث ينطبق مركز ثقل هذا الشكل على موقع المحصلة ويكون هذا الشكل هو شبه المنحرف .

وعليه يمكن حساب القيمة القصوى للعزم السالب والموجب ويحدد عرض القاعدة المناظر وكذلك قيمة القص القصوى وعرض القاعدة المناظر فإذا ما كان العرض المناظر أكثر من نصف البحر يأخذ العرض مساوياً لنصف البحر أى ٣,٥ م ÷ ٢ مثل المثال السابق أو بطريقة سيتم الحل بها .

التصميم :

W = total load of two column = 60 + 100 = 160 ton

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a . D_p / q_{all}} = \frac{160}{1 - \frac{2 \times 2}{19}} = \frac{160}{.789} = 202 \text{ ton}$$

$$\text{Area of base} = \frac{202}{19} = 10.63 \text{ m}^2$$

$$\text{net load on m}^2 \text{ for base} = \frac{160}{10.63} = 15.05 \text{ ton}$$

To get C.G = 100 x 3.5 = 160 x χ $\therefore \chi$ = 2.19 m form p_1

The distance (S) = 4.65 - (2.19 + 20) = 2.26 m from C.G

لاستنتاج الضلع الأكبر للقاعدة B_1 والضلع الأصغر للقاعدة B_2 يستعمل القانونين التالين :

$$1\text{-}\ B_1 = \frac{2A}{L^2} (3S - L) = \frac{2(10.63)}{(4.65)^2} (3 \times 2.26 - 4.65)$$

$$= \frac{21.26}{21.62} (6.78 - 4.65) = 1.92 \text{ m}$$

$$2\text{-}\ B_2 = \frac{2A}{L} - B_1 = \frac{2(10.63)}{4.65} - 1.92$$

$$= \frac{4.57}{4.65} - 1.92 = 2.65$$

حيث :

B_1 = الضلع الأصغر للشبه منحرف .

B_2 = الضلع الأكبر للشبه منحرف .

A = مساحة الشبه منحرف .

S = المسافة من الـ C.G حتى نهاية القاعدة من الداخل .

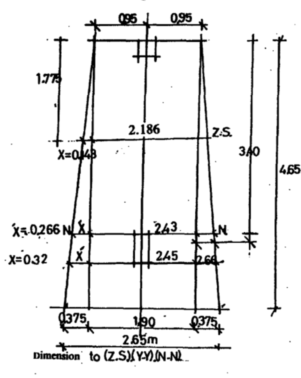
L = طول القاعدة على المحور .

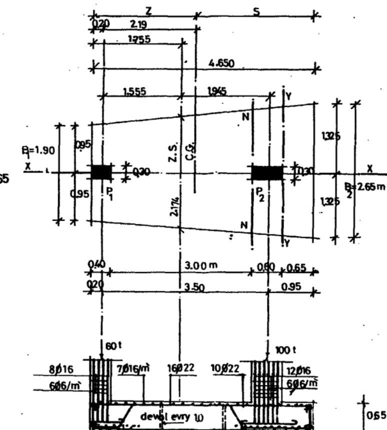
وللتأكد من هذه النتائج تستخرج مساحة الشبه منحرف كالتالى :

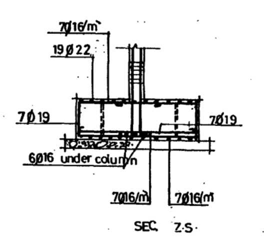
$$A = \frac{B_1 + B_2}{2} \times L = \frac{1.92 + 2.65}{2} \times 4.65 = 10.625 \text{ m}^2 \therefore \text{safe}$$

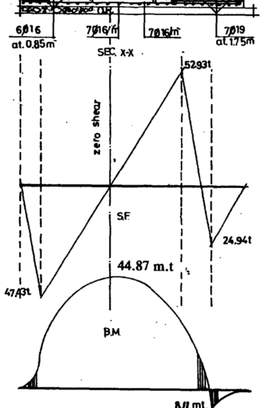
$$\text{Load st base / m}^2 = \frac{160}{10.625} = 15.05 \text{ ton / m}^2$$

النموذج السابع : قاعدة مشتركة شبه منحرف لعامودين أحدهما ملاصق للجار









Load at one meter under p_1 = 15.05 x 1.92 = 28.90 ton / m

To get zero shear ∴ p_1 = f Net x χ + L^- x χ^2 قانون

∴ 60 = 28.90 x χ + 3 x χ^2

= 3 χ^2 + 28.90 χ - 60 = 0

هذه المعادلة من الدرجة الثانية وحلها يتبع القانون الآتى والسابق شرحه :

$$\chi = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2_a} = \frac{28.90 \pm \sqrt{28.896^2 - 4 \times 3 \times -60}}{2 \times 3} = 1.755 \text{ m}$$

حيث :

p_1 = حمل العامود الملاصق للجار = 60 .

28.90 = الجهد على القاعدة بالمتر المسطح F_{net} .

χ = المسافة الـ zero shear من نهاية القاعدة الملاصقة للجار .

3 = المسافة بين وجهى الأعمدة = ٣,٥٠ − (٢٠ + ٣٠) = ٣ م = L^-

To get breadth at zero shear

(1) get χ $= \left(\frac{\frac{2.65 - 1.90}{2}}{4.65} = \frac{\chi}{1.775}\right)$ ∴ $\left(\frac{.375}{4.65} = \frac{\chi}{1.775}\right)$ ∴ χ = .143 m

(2) the breadth of zero shear = (2 x .143) + 1.90 = 2.186 m

To get beadth at N - N $= \left(\frac{\frac{2.65 - 1.90}{2}}{4.65} = \frac{\chi}{3.40}\right)$ ∴ $\left(\frac{365}{4.65} = \frac{\chi}{3.40}\right)$ ∴ χ = .266 m

∴ the breadth at N - N = .266 x 2 + 1.900 = 2.432 m

Take B.M = zero shear $= 1.555 \times 60 - \frac{2.186 + 1.90}{2} \times \frac{1.775^2}{2} \times 15.05$ = 44.87 m.t

To check take B.M at column 100 ton $= 1.945 \times 100 - \frac{2.65 + 2.186}{2} \times \frac{2.875^2}{2} \times 15.05$ = 44.61 m.t

ملحوظة هامة : تم عمل مقارنة باستنتاج العزم الحانى بطريقتين للتأكد من صحة هذه المعادلات حيث بها تقريب بسيط جداً وهذا واضح من النتائج .

Transverse Direction

B.M under P_1 $= \frac{P_1}{2} \times \frac{B_1 - 0.30}{2} \times \frac{B_1 - 0.30}{4}$

$= \frac{60}{2} \times \frac{1.90 - .30}{2} \times \frac{1.90 - .30}{4}$ = 9.6 m.t

B.M under P_2 $= \frac{P_2}{2} \times \frac{B_2 - .30}{2} \times \frac{B_2 - .30}{4}$

$= \frac{100}{2} \times \frac{2.65 - .30}{2} \times \frac{2.65 - .30}{4}$ = 34.5 / m.t

حيث :

P_1 = حمل العامود الملاصق للجار ٦٠ طن .

B_1 = عرض القاعدة الملاصقة للجار = ١,٩٠ .

.30 = عرض العامود الملاصق للجار .

P_2 = حمل العامود الداخلى = ١٠٠ طن .

B_2 = عرض القاعدة من الداخل = ٢,٦٥ .

.30 = عرض العامود الداخلى .

To get breadth at y - y

$$\left(\frac{\frac{2.65 - 1.90}{2}}{4.65} = \frac{x}{4.0} \right) \times 2 + 190 = 2.45 \text{ m}$$

To get shearing force say:-

Q_s at y - y $= \frac{2.65 + 2.45}{2} \times .65 \times 15.05 = 24.94$ ton

Q_s under column P_2 $= 2.45 \times .60 \times 15.05 = 22.123$ ton

Q_s at N - N $= 100 - (24.94 + 22.123) = 52.93$ ton

Q_s under column P_1 $= 0.30 \times 1.90 \times 15.05 = 8.57$ ton

Q_s another side P_1 $= 60 - 8.57 = 47.43$ ton

To get d take Q_s (52.93 ton) to resist shear

Tat y - y $= \frac{52930}{262 \times .87 \times 6} = 38.70$ say 50

B.M at y - y $= \frac{2.45 + 2.65}{2} \times \frac{.65^2}{2} \times 15.05 = 8.11$ m.t

d to B.M at zero shear $= .334 \sqrt{\frac{4500000}{218.6}} = 48.09$ cm say T 55 cm

As to zero shear $= \frac{M}{K_2 . d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 55} = 84 \text{ cm}^2 = 22 \phi 22$

Increase T to 65 cm because this section is not economy

As to zero shear $= \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{4487000}{1227 \times .87 \times 65} = 64.85 \text{ cm}^2$ take $16 \phi 22$

As per m = 0.2 % from Ac $= \frac{100 \times 65 \times 2}{1000} = 13 \text{ cm}^2/\text{m} \therefore = 7 \phi 16/\text{m}$

As at y - y $= \frac{837700}{1227 \times .87 \times 65} = 12.07 \text{ cm}^2$ take $9 \phi 13$

As under P_1 $= \frac{960000}{1227 \times .87 \times 50} = 13.83 \text{ cm}^2$ take $\frac{6 \phi 16}{.85 \text{ m}}$

As under P_2 $= \frac{3306000}{1227 \times .87 \times 65} = 47.64 \text{ cm}^2$ take $\frac{17 \phi 19}{1.75 \text{ m}}$

check of punching

$\frac{2}{3}T = \frac{2}{3} \times 65 = .43\ m$

Q_p at P_1 $= 60 - (.40 + .43)(.30 + .43) \times 15.05 = 51.26$ ton

q_p at p_1 $= \frac{51260}{(40 + 43)\ 2 + (30 + 43)\ .87 \times 65} = 3.79\ kg / cm^2 < 8\ Kg / cm^2$

Q_p at p_2 $= 100 - [(.60 + .43)(.30 + .43)] \times 15.05 = 88.22$ ton

q_p at p_2 $= \frac{88220}{[(60 + 43) + (30 + 43)]\ 2 \times .87 \times 65} = 5.34\ kg / cm^2 < 8\ Kg / cm^2$

check of bond

Q_b at p_2 $= Q_p / 4$

q_b at P_2 $= \frac{88220 / 4}{17 \times 1.9 \times 3.14 \times .87 \times 65} = 3.84\ kg / cm^2 < 8\ Kg/cm^2$

النموذج الثامن

سبق بالنموذج السابع لتصميم قاعدة مشتركة شبه منحرف بدون كمرة بين العامودين والنموذج الثامن هو نفس المثال السابق ولكن هناك كمرة تربط العامودين ببعضهما والمقاسات للقاعدة كما فى المثال السابق طولها ٤,٦٥ × ٢,٦٥ / ١,٩ م والعزم الحانى ٤٤,٨٧ م.طن وقوى القص ٥٢,٩٣ طن والجهد على القاعدة ١٥,٠٥ طن / م٢ ومقاس العامودين كالسابق والمطلوب تصميم قاعدة بقطاع T على أساس البيانات السابقة .

التصميم

Design of slab

Let the breadth of beam $= .50$

The arm of B.M at N - N $= \frac{2.432 - .50}{2} = .965\ m$

B.M $= \frac{wL^2}{2} / m = \frac{15.05 \times .965^2}{2}$ 7 m.t

Q_s at one meter from slab $= 15.05 \times .965 = 14.25$ m.t

d to resist shear $= \frac{14250}{100 \times .87 \times 7}$ 23 say T 30 cm

T to resist B.M $= .334 \sqrt{\frac{700000}{100}} = 27.94$ cm say 35 cm

$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times T} = \frac{700000}{1227 \times .87 \times 35} = 18\ cm^2$ say 9 ϕ 16 / m

$\bar{A_s}$ 0.2 % from A_c $= \dfrac{2.43 \times 35 \times 2}{1000}$ $= 17\ cm^2 = 14\ \phi\ 13$ at top & bottom

check of bond

Q_b to slab = 14,25 ton

$q_b = \dfrac{Q_b}{\Sigma\ \phi \times 3.14 \times .87\ T} = \dfrac{14250}{18 \times 3.14 \times 1.6 \times .87 \times 35} = 5.17\ kg / cm^2 < 8\ kg$

Desing of beam

، B.M = 44.87 m.t Q_{sh} = 52.93 ton

let b = 50

d to B.M = $K_1 \sqrt{\dfrac{M}{B}} = .334 \sqrt{\dfrac{4487000}{50}}$ = 100 cm take 105 cm

T to Q_{sh} $= \dfrac{52930}{8 \times .87 \times 50}$ = 145 cm take 150 cm

$A_s = \dfrac{M}{k_2.d} = \dfrac{4487000}{1227 \times .87 \times 150}$ $= 28\ cm^2$ say 10 ϕ 19

$\bar{A_s}$ 0.2 % A_c $= \dfrac{50 \times 150 \times 2}{1000}$ $15\ cm^2$ say 5 ϕ 19

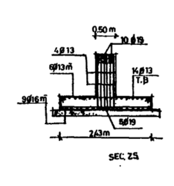
check of punching

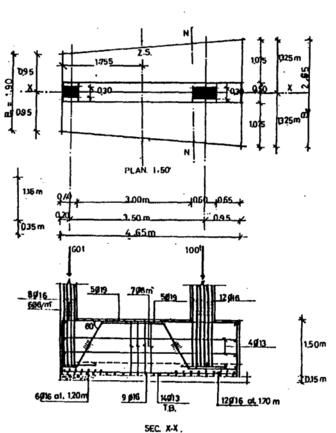
Q_p = 100 - (.60 x .30 x 15.05) = 97.291 ton

$q_p = \dfrac{97291}{2\ (30 + 60) \times .87 \times 150} = 4.141\ kg / cm^2 < 8\ kg / cm^2$

النموذج الثامن

قاعدة شبه منحرف مشتركة لعامودين أحدهما ملاصق للجار بينهما كمرة





A_s stirrups

We take q_s 8 kg / cm^2

$$A_s \text{ stirrup} = \frac{6 \times .494 \times 1400}{15 \times 50} = 5.53 \text{ kg / cm}^2$$

put bent bars 4 ϕ 19 and stirrup ϕ 8 every 15 cm 6 branches.

النموذج التاسع

المطلوب تصميم قاعدة مشتركة لثلاثة أعمدة منهم عامودين ملاصقين للجار حمل أحدهما ١٣٠ طن بقطاع ٨٥ × ٣٠ سم وبتسليح ١٢ Φ ١٦ والأوسط حمله ١٦٠ طن بقطاع ٣٠ × ١٠٠ سم ١٦ Φ ١٦ والثالث حمله ١١٠ طن بقطاع ٣٠ × ٧٥ سم وبتسليح ١٠ Φ ١٦ وجهد الأرض ٢٠ طن / م٬ وعمق الحفر -٢,٠ م ويربط هذه الأعمدة كمرة بالوسط والمسافة من الأعمدة ٥,٥٠ ، ٥,٠ م من محور الأعمدة .

التصميم :

W = total load of three column $= 110 + 160 + 130 = 400$ ton

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a.De / q_{all}} = \frac{400}{1 - \frac{12 \times 2}{20}} = \frac{400}{.90} = 444 \text{ ton}$$

Area of base $= \frac{444}{20} = 22.2\ m^2$

net load on m^2 for base $= \frac{400}{22.2}$ 18 ton / m^2

Total length of base $= 5 + 5.5 + \frac{.70 + 80}{2} = 11.25$ m

The breadth of the base $= \frac{22.2}{11.25} = 1.97$ m

load / m^- $= \frac{400}{11.25} = 35.55$

To get C.G of three loads $= 160 \times 5 + 130 \times 10.5 = 400 \times \chi$ $\therefore \chi = 5.41$ m

zero shear to distance 5 m $= 35.55 \times \chi = 110$ $\therefore \chi = 3.09$ m

zero shear to distance 5.5 $= 35.55 \times \chi = 130$ $\therefore \chi = 3.65$ m

The distance from C.G to axis of load 160 ton $= 5.41 - 5.00 = 0.41$m

Design of base

let breadth of beam 60 cm

The arm of B.M to base $= \frac{1.97 - .60}{2} = .685$ m

B.M to base $= \frac{wL^2}{2} = \frac{18 \times .685^2}{2} = 4.22$ m.t

Take fc $= 55$ kg / cm^- $K_1 = .334$ $K_2 = 1227$ when fc $= 1400$ Kg/cm^2

d to base = $.334\sqrt{\frac{422000}{100}}$ = 22 cm say T = 35 cm

$A_s = \frac{M}{K_2 . d} = \frac{422000}{1227 \times .87 \times 35}$ = 13 cm^2 say 11 ϕ 13

$\bar{A_s}$ = 1.97 x 35 x 0.15% = 10 cm^2 say 10 ϕ 13

Design of beams

النموذج التاسع : قاعدة ذو ثلاثة أعمدة مختلفة الأحمال والأبعاد

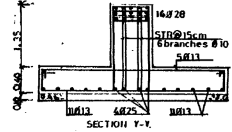
FOOTING WITH THREE COLUMN DIFFERENT IN LOADING AND DISTANCES

PLAN

SECTION X-X

B.M.

S.F.



SECTION Y-Y.

Design of beam 5.5 m'

Distances of 3.5 from C.G of column $= 3.65 - .40$ $= 3.25$ m

B.M to beam 5.5 m $3.25 \times 130 - \frac{3.65^2 \times 35.55}{2}$ $= 186$ m.t

$d = k_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{18600000}{60}}$ $= 175$ cm

$Q_s = 130 - .80 \times 35.55$ $= 101$ ton

d to shear $= \frac{101000}{12 \times .87 \times 60}$ $= 161$ say T 175 cm

$A_s = \frac{M}{fs \times .87\ T} = \frac{18600000}{1400 \times .87 \times 175}$ $= 97$ cm $= 14\ \phi\ 28$

A_s stirr $= \frac{6 \times .723 \times 1400}{60 \times 15}$ $= 6.748\ kg / cm^2$

Take stirrups every 15 cm ϕ 10 six branches

A_s b $= \frac{(12 - 6.748) \times 175 \times \sqrt{3 \times 60}}{1400 \times 2}$ $= 34\ cm^2$ say $6\ \phi\ 28$

A_s^- $= 60 \times 175 \times 0.15\%$ $= 16$ cm say $4\ \phi\ 25$

Design of beam 5 m'

distance of zero shear from C.G of colmn 110 ton $= 3.09 - .35$ $= 2.74$ m

B.M to beam 5 m $= 2.74 \times 110 - \frac{2.74^2 \times 35.55}{2}$ $= 167$ m.t

$Q_s = 110 - .70 \times 35.55$ $= 85$ ton

$q_s = \frac{85000}{60 \times .87 \times 175}$ $= 9.6\ kg / cm^2$

$A_s = \frac{M}{fs\ .87\ T} = \frac{16700000}{1400 \times .87 \times 175}$ $= 78\ cm^2\ 13\ \phi\ 28$

q stirr $= \frac{6 \times .494 \times 1400}{60 \times 15}$ $= 4.61\ kg / cm^2$

Take stirrups every 15 cm ϕ 8 six branches

A_s bent $\frac{(9.6 - 4.61)\ 175 \times \sqrt{.3} \times 60}{1400 \times 2}$ $= 32\ cm^2\ 6\ \phi\ 28$

B.M at C.G $= (..41 \times 160 + 5.41 \times 110) - \frac{5.76^2 \times 35.55}{2}$ $= 70$ m.t

B.M at axis of column 160 ton $= (.80 \times 25 + 110 \times 5) - \frac{5.35^2 \times 35.55}{2}$ $= 62$ m.t

distance of z.s at right load 160 ton $= 5.90 - 3.65 - .50$ $= 1.75$ m

Q_s $= 1.75 \times 35.55$ $= 62.21$ ton

distance of z.s at left load 160 ton = 5.35 - 3.09 - .50 = 1.76 m

Q_s = 1.76 x 35.55 = 62.568 ton

Q_s under column = 1 x 35.55 = 35.55 ton

check of Q = 62.21 + 62.568 + 35.55 = 160.328 ton ok

Check of bond to base:

Q_b = .685 x 18 = 12.33 ton

$$q_b = \frac{12330}{11 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 35} = 9.01 > 8\ kg/cm^2$$

$$\text{take } T = 40 \text{ and check} = \frac{12330}{11 \times 1.3 \times 3.14 \times .87 \times 40} = 5.97 < 8\ kg/cm^2$$

النموذج العاشر

القواعد الكابولية Strap Footing

المطلوب تصميم قاعدتان منفصلتان لعامودين أحدهما ملاصق للجار وحمل العامود ٦٠ طن (P_1) بقطاع ٣٠ × ٤٠ سم وبتسليح ٨ Φ ١٦ م والعامود الداخلى بقطاع ٣٠ × ٦٠ سم وحمله ١٠٠طن (P_2) وبتسليح ١٢ Φ ١٦ م والمسافة بين محورى العامودين ٤,٥٠ م يربطهما كابولى Strap beam وجهد التربة الخالص ٢٠ طن / م٢ وعمق الحفر ١,٨٠ م من سطح الأرض .

وهذا النموذج يتم فى حالة مسافة كبيرة بين القاعدتين وعند التصميم لا يختلطا ببعضهما وتستخدم كبديل للقواعد المشتركة المستطيلة أو الشبه منحرف ويكون استخدامها أكثر ملائمة إذا ما كانت الأعمدة متباعدة مما يسبب ضخامة القاعدة المشتركة إذا ما اختيرت مستطيلة أو شبه منحرف ويقوم الكابولى بمقاومة اللامركزية عن طريق عزوم الإنحناء وقوى قص تأخذ قيمتها القصوى قرب عامود الجار – وتقاوم قوى الأعمدة بقواعد منفصلة من اللامركزية وتصمم كقواعد منفصلة معرضة لقوى محورية ومهمة تلك القواعد توزيع الأحمال على التربة مع الأخذ فى الاعتبار الشروط الآتية :

١ – يفترض أن وزن الكابولى strap beam مهملاً ولا يشترك فى توزيع الحمل على التربة .

٢ – نفترض لا مركزية (e) eccentricity للقاعدة الخارجية لإمكان حساب قوى القص والعزوم وعليه فلا يوجد حل واحد للحالة الواحدة بشرط أن يكون عرض الكابولى أكبر من عرض العامود بمقدار ١٠ سم على الأقل .

التصميم : –

نفرض أن قاعدة الجار طولها ١٨٠ سم ومحورها $\frac{١٨٠}{٢}$ = ٩٠ سم ∴ e = ٠,٩٠ – ٠,٢٠ = ٠,٧٠ .

$L_1 = L - e = 4.5 - .70 = 3.80$ m

$$\bar{P_1} = \frac{P_1 \times L}{L_1} = \frac{60 \times 4.5}{3.80} = 71.05 \text{ ton}$$

$$\bar{P_2} = P_1 + P_2 - \bar{P_1} = (60 + 100) - 71.05 = 88.95 \text{ ton}$$

$$\bar{W_1} = \frac{\bar{P_1}}{1 - \gamma_s . Dp / q_{all}} = \frac{71.05}{1 - \frac{2 \times 1.80}{20}} = \frac{71.05}{0.82} = 86.46 \text{ ton}$$

$$\bar{W_2} = \frac{\bar{P_2}}{0.82} = \frac{88.95}{0.82} = 108.47 \text{ ton}$$

$A_1 = \frac{86.46}{20}$	$= 4.32$	$= (1.8 \times 2.4)$ m
$A_2 = \frac{108.47}{20}$	$= 5.42$	$= (2.20 \times 2.50)$ m
The Load on base P_1 per $\bar{m}$	$= \frac{71.05}{1.80}$	$= 39.47$ ton / $\bar{m}$
The Load on base P_1 per m^2	$= \frac{71.05}{4.32}$	$= 16.44$ ton / m^2
The Load on base P_2 per $\bar{m}$	$= \frac{88.95}{2.5}$	$= 35.58$ ton / $\bar{m}$
The Load on base P_2 per m^2	$= \frac{88.95}{5.42}$	$= 16.41$ ton / m^2
B.M to beam at end of base P_1	$= 71.05 \times 1.60 - \frac{39.47 \times 1.8^2}{2}$	$=$
	$= 113.68 - 63.94$	$= 49.64$ m.t
Q_s to base P_2	$= .95 \times 35.58$	$= 33.800$ ton
Q_s under colunm P_2	$= .60 \times 35.58$	$= 21.348$
Q_s another side of column P_2	$= 88.95 - (33.800 + 21.348)$	$= 33.800$ ton
Q_s under column P_1	$= .40 \times 39.47$	$= 15.788$ ton
Q_s to base P_1	$= 71.050 - 15.788$	$= 55.262$
difference load on beam	$= 100 - 88.95$	$= 11.05$ ton

حيث e = eccentricity بعد اللامركزية عن محور القاعدة .

$\bar{L}$ = البعد بين محورى العامود – eccentricity (e)

$\bar{P_1}$ = الحمل بعد الزيادة للعامود P_1 .

$\bar{P_2}$ = الحمل بعد الزيادة للعامود P_2 .

$\bar{W_1}$ = الحمل للعامود P_1 بعد إضافة وزن القاعدة وخلافه للقاعدة الملاصقة للجار .

$\bar{W_2}$ = الحمل للعامود P_2 بعد إضافة وزن القاعدة وخلافه للقاعدة الداخلية .

Design of beam

d to B.M of beam . $d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{4964000}{50}}$ = 105.23 cm say 110 cm

d to shear of beam $= \frac{Q_s}{0.8 \times 50 \times 8} = \frac{55262}{.87 \times 50 \times 8}$ = 158.8 cm say T 160 cm

$A_s = \frac{M}{K_2 .87 . d} = \frac{4964000}{.87 \times 160 \times 1227}$ = 29.06 cm^2 say 11 ϕ 19

$\bar{A_s} = \frac{50 \times 160 \times 15}{10000}$ 12 cm say 4 ϕ 19

we take 8 kg / cm^2 to shear > 7 k / cm^2

A_s stirrups $= \dfrac{6 \times .444 \times 1400}{15 \times 50} =$ 5.53 kg / cm^2

put ϕ 8 stirr every 15 cm 6 branches & put 5 ϕ 19 bent bars

Design of exterior footing P_1

Arm of B.M at $\chi - \chi$ $= \dfrac{2.4 - .30}{2}$ $= 1.05$ m

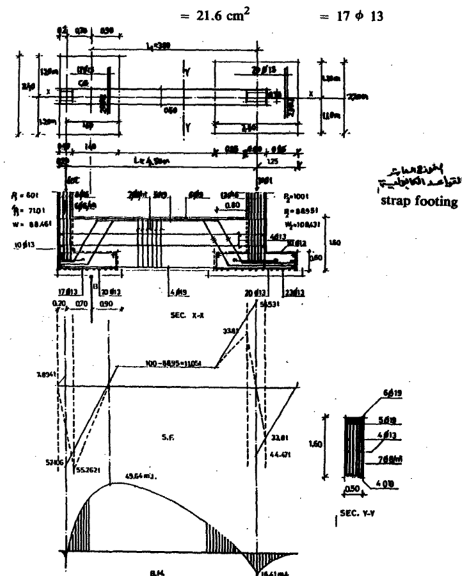
B.M $= \dfrac{1.05^2}{2} \times 1.8 \times 16.44$ $= 16.41$ m.t

$d = K_1 \sqrt{\dfrac{M}{b}}$ $= .334 \sqrt{\dfrac{16310000}{180}}$ $= 31$ cm

= say 60 cm to equal the depth of P_2

$A_s P_1 = \dfrac{M}{K_2 .87 \times T}$ $\dfrac{1631000}{1227 \times .87 \times 60}$ $= 25$ cm^2 $= 20 \phi 13$

$\bar{A}_s P_1 =$ 0.15 % x 60 x 240 $= 21.6$ cm^2 $= 17 \phi 13$



النموذج العاشر
القواعد الكابولية
strap footing

Design the interior footing P_2

The arm of B.M from to sides $= \frac{2.20 - 30}{2} = .95$ m ، $\frac{2.50 - 60}{2} = .95$ m

B.M at one meter $= \frac{wL^2}{2} = \frac{16.41 \times .95^2}{2} = 7.04$ m.t / m

B.M at the length $= 2.5 \times 7.04 = 17.6$ m.t

B.M at the breadth $= 2.2 \times 7.04 = 15.5$ m.t

$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{1760000}{250}} = 28$ cm say 40

$A_s = \frac{M}{K_2 .87 \times d} = \frac{1760000}{1227 \times .87 \times 40} = 41.2 \text{ cm}^2$

Increase T to 60 because this section is not economy

$= \frac{1760000}{1227 \times .87 \times 60} = 27.47 \text{ cm}^2 \quad \frac{23 \phi 13}{2.50 \text{ m}}$

As at B.M 15.5 m.t $= \frac{23}{2.50} \times 2.20 = \frac{20 \phi 13}{2.20 \text{ m}}$

Check of stresses

Check of punch to beam

Q_p on beam at load P_2 $= 88.95 - 2 (60 \times 30) 16.41 = 86$ ton

$q_p = \frac{86000}{2 (60 + 30) \times .87 \times 160} = 4.11 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$

check of bond to base P_1

$Q_p = \frac{Q_p / 4}{\Sigma \phi \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 60} = \frac{71050 / 4}{20 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 60} = 4.16 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^-$

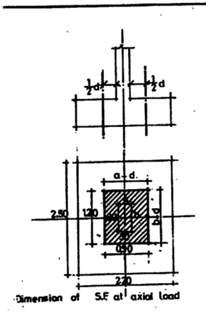
ملحوظة : فى تصميم القاعدة المنفصلة P_2 روعى أن الفرق بين ضلعى العامود واحد .
وهو ٠,٦٠ – ٠,٣٠ = ٠,٣٠ وهو نفس الفرق بين ضلعى القاعدة وهو ٢,٥٠ – ٢,٢٠ = ٠,٣٠ وذلك أسهل الحلول ليتساوى الـ B.M فى جميع الاتجاهات وقد صممت بهذه الطريقة .

– لو فرض لم يكن علينا كمرة لا مركزية والحمل محورى يستنتج قوى القص كالآتى :

أبعادُ قوى القص = الضلع الأصغر + ارتفاع القاعدة ، الضلع الأكبر + ارتفاع القاعدة وعليه تصبح الأبعاد ٣٠ + ٦٠ = ٩٠ , ٦٠ + ٦٠ = ١,٢٠م .

ولاستنتاج قوى القص : يجب إيجاد جهد الضغط على القاعدة وذلك بإضافة ٥ ٪ من حمل العامود لوزن القاعدة المسلحة والميدة .

= $\frac{\text{حمل العامود} \times ١,٠٥}{\text{أبعاد القاعدة المسلحة}}$ = $\frac{١٠٠ \times ١,٠٥}{٢,٢٠ \times ٢,٥٠}$ = ١٩ طن / م٢



Dimension of S.F at axial load

قوى القص = حمل العامود − (,٩٠ × ١,٢) × الجهد على الدكة علماً بأن (,٩٠ × ١,٢) مساحة الجزء المظلل بالرسم.

= ١٠٠ − ,٩٠ × ١,٢ × ١٩ = ٧٩,٤٨ طن.

يقاوم قوى القص محيط أبعاد قوى القص × ,٨٧ × الارتفاع الفعال

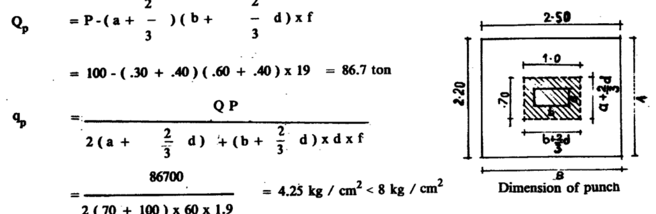
= ٢ (٩٠ + ١,٢٠) × ٦٠ × ,٨٧ = ٢١٩٢٤سم٢

جهد القص = ٧٩٤٨٠ / ٢١٩٢٤ = ٣,٦٢كجم / سم٢

فى حالة ما إذا كان قاعدة خرسانة عادية تحت القاعدة المسلحة يراعى ما جاء فى الباب الثالث من الجزء الأول بالمنشا المعمارية (تصميم القواعدة والأعمدة).

لاستنتاج قوى الاختراق (Punching) يتبع الآتى :

نفرض عرض العامود (a) = ,٣٠ م ، وطول قطاع العامود (b) = ,٦٠م وارتفاع القاعدة (b) ,٦٠م



Dimension of punch

$$Q_p = P - \left(a + \frac{2}{3}\right)\left(b + \frac{2}{3}d\right) x f$$

$$= 100 - (.30 + .40)(.60 + .40) x 19 = 86.7 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{QP}{2\left(a + \frac{2}{3}d\right) + \left(b + \frac{2}{3}d\right) x d x f}$$

$$= \frac{86700}{2(70 + 100) x 60 x 1.9} = 4.25 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

لاستنتاج قوى التماسك (bond) يتبع الآتى :

نفرض طول القاعدة: B = ٢,٥م وطول قطاع العامود: b = ,٦٠ وعرض القاعدة A = ٢,٢٠م وعرض العامود : a = ,٣٠ وارتفاع القاعدة (d) = ,٦٠ م.

$$Q_b \text{ at } y - y = \frac{1}{4}(A + a)(B - b) f$$

$$= \frac{1}{4}(2.20 + .30)(2.50 - .60) x 19 = 22.56 \text{ ton}$$

$$Q_b \text{ at } \chi - \chi = \frac{1}{4}(B + b)(A - a) x f$$

$$= \frac{1}{4}(2.50 + .60)(2.20 - .30) x 19 = 27.97 \text{ ton}$$

axis of bond

$$q_b \text{ at } y - y = \frac{Q_b \text{ at } y - y}{\Sigma \phi x D x \pi x .87 x d} = \frac{22560}{20 x 1.3 x 3.14 x .87 x 60} = 5.29 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

$$q_b \text{ at } \chi - \chi = \frac{Q_b \text{ at } \chi - \chi}{\Sigma \phi x D x \pi x .87 x d} = \frac{27970}{23 x 1.3 x 3.14 x .87 x 60} = 5.70 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$$

قاعدة مستطيلة لعامود واحد

النموذج الحادى عشر

قاعدة كابولية لعامود واحد

Rectangular mono cantilever

المطلوب تصميم قاعدة لعامود حمله ٦٠ طن علماً بأن عرض القاعدة محدود ويساوى ١,٢٥ م وليس هناك مكان لاتساع العرض وجهد التربة الخالص ١٨ طن / م٢ وعمق الحفر ٢,٢٠ م من سطح الأرض .

وهذا النموذج لا يتم عمله فى حالة ما إذا كان العرض محدود ولا يسمح بالزيادة فى عرض القاعدة ويسمح بالطول .

المطلوب : أ – تصميم العامود على أنه عامود ركنى وجهد الضغط للخرسانة ٥٠كجم / سم٢ .

ب – تصميم القاعدة الكابولى .

ملحوظة : هذه القاعدة ضمن القواعد المنفصلة وعند استعمال القواعد المنفصلة كأساسات على التربة ذات طاقة انهيارية ضعيفة فإنه يجب تصميم وتنفيذ سملات عالية الجساءة فى الاتجاهين لمقاومة فروق الهبوط المتوقعة نتيجة انهيار التربة – ويفضل أن تكون هذه السملات الرابطة فى منسوب القواعد حتى يمتد حديد تسليحها فى داخل القواعد وأيضاً لتفادى عمل رقاب أعمدة حيث نكون عدة نقاط ضعيفة وفى هذه الحالة يكون السملات امتداداً طبيعياً للقواعد ويجب أخذها فى الاعتبار عند تصميم الأساسات ويمكن استخدام القواعد المنفصلة إذا تحققت إحدى الشروط الآتية :

١ – إذا كانت طاقة الانتفاخ متوسطة أو ضعيفة .

٢ – إذا كانت قدرة تحمل الطبقة العلوية من التربة عالية نسبياً .

٣ – إذا كانت طبقة التربة المتنفخة عميقة ويوجد أسفل منها طبقة من التربة غير المنتفخة أو طبقة من الصخر .

٤ – وجود طبقة من التربة اللينة أو ارتفاع منسوب المياه الأرضية نسبياً مما يؤثر على استخدام خوازيق الاحتكاك أو ركائز الأساس .

وللسماح بتركيز الإجهادات نتيجة الأحمال الميتة أسفل القواعد المنفصلة يجب ترك فراغ بين الميد وسطح التربة ، وذلك يؤدى إلى منع انتفاخ التربة أو تقليل قيمته فقط أسفل القواعد حيث يوجد تركيز لإجهادات ويحد من حدوث أى أضرار بالميد نتيجة للإجهادات الإضافية الناتجة من انتفاخ التربة .

التصميم :

أ – تصميم العامود الركنى وحمله ٦٠ طن .

أولاً : يقسم الحمل على جهد الخرسانة ويساوى ٥٥كج / سم٢ وتحدد مساحة القطاع :

أى = ٦٠٠٠ ÷ ٥٥ = ١٠٩٠,٩ سم٢ .

ولما كان عرض العامود ٣٠ سم وبذلك نحدد الضلع الآخر بقسمة المساحة على ٣٠ سم ....

أى طول قطاع العامود = ١٠٩٠,٩ ÷ ٣٠ = ٣٧,٣٦ سم أى ٥٠ سم .

فيكون قطاع العامود ٣٠ × ٥٠ سم .

ونسبة حديد التسليح ١ ٪ = ٣٠ × ٥٠ × ٠,٠١ = ١٢ سم٢ أى ٦ Φ ١٦ م .

ثانياً : للتأكد من الضغط على العامود نطبق المعادلة الآتية حيث :

الحمل = مساحة الخرسانة × الجهد + (ن – ١) × مساحة الحديد × جهد الخرسانة

حيث

$Ec = 140\ ton / m^2$ ، $Es = 2100\ ton / m^2$ ، $= \frac{Es}{Ec}$ $\therefore N = 15$

٦٠٠٠ = ٣٠ × ٤٠ × جهد الخرسانة + ١٤ × ١٢ × جهد الخرسانة .

= جهد الخرسانة (١٢٠٠ + ١٦٨) = جهد الخرسانة × ١٣٦٨ .

∴ جهد الخرسانة = $\frac{٦٠٠٠٠}{١٣٦٨}$ = ٤٣,٨٥ كجم / سم٢ وهو أقل من المسموح به ٥٠ كجم / سم٢ .

ب – تصميم القاعدة :

Design of slab

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a D_p / q_{all}} = \frac{60}{1 - \frac{2 \times 2.2}{18}} = \frac{60}{.76} = 79 \text{ ton}$$

Area of base $= \frac{79}{18} = 4.38 \text{ m}^2$

length of base $= \frac{4.38}{1.25} = 3.50 \text{ m}$

load on base / m^2 $= \frac{60}{4.38} = 13.69 \text{ ton / m}^2$

load on base / $\bar{m}$ $= \frac{60}{3.5} = 17.14 \text{ ton / } \bar{m}$

let the breadth of Beam $= .45 \text{ m} = .45 \text{ m}$

The arm of B.M $= \frac{1.25 - .45}{2} = .40 \text{ m}$

B.M At $\chi - \chi$ to one meter $= \frac{wL^2}{2} = \frac{13.69 \times .40^2}{2} = 1.09 \text{ m.t}$

d to slab $= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .334 \sqrt{\frac{109000}{100}} = 10.56$ cm say 20 cm

$$A_s = \frac{M}{K_2 . d} = \frac{109000}{1227 \times .87 \times 20} = 5.10 \text{ cm}^2 \text{ say } 8\ \phi\ 10 / \bar{m}$$

check of bond

$Q_b = .40 \times 13.69 = 5.47 \text{ ton}$

$$q_b = \frac{Q_b}{\Sigma \phi \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = \frac{5470}{8 \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20} = 12.51 \text{ kg / cm}^2 > 8 \text{ Kg / cm}^2$$

To resist bond put 8 ϕ 13 & T 25 cm $= \frac{5470}{8 \times 3.14 \times 1.3 \times .87 \times 25} = 7.70 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$

Take A_s 8 ϕ 13 & $\bar{A_s}$ $= \frac{125 \times 25 \times 2}{1000} = 6 \text{ cm}^2$ take 9 ϕ 10 top & botton

Design of cantilever beam

The arm of B.M $= \frac{3.50 - 50}{2}$ $= 1.50$ m

B.M at y - y $= \frac{wL^2}{2} = \frac{17.14 \times 1.45^2}{2}$ $= 18.01$ m.t

$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{B}} = .334 \sqrt{\frac{1801000}{45}}$ $= 66.8$ cm

$Q_s = \frac{60 - .\ .60 \times .45 \times 17.14}{2} = 27.68$

d to shear $= \frac{27680}{8 \times .87 \times 45}$ $= 89$ cm say 100 cm

As $= \frac{M}{K_2 . d} = \frac{1801000}{1227 \times .87 \times 100}$ $= 16.87 \text{ cm}^2$ say 6 Φ 19 & stirr 7 φ 8 / m̄

As $= 0.2\%$ Ac $= \frac{100 \times 45 \times 2}{1000}$ $= 9 \text{ cm}^2$ say 5 φ 16

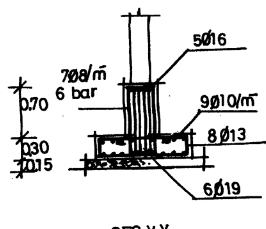
Put stirrup φ 8 every 15 cm 6 branches & 5 φ 16 at the top .

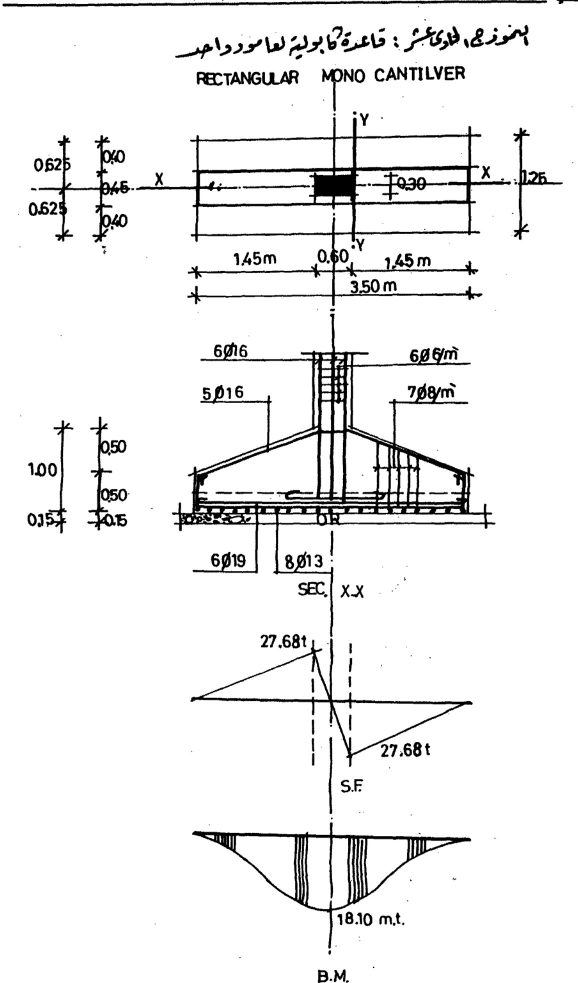
Check of puinch.

$Q_p = 60 - (.30 \times .40 \times 13.69)$ $= 58.358$ ton

$q_p = \frac{Q_p}{(30 + 40)\ 2 \times .87\ T} = \frac{58358}{2 (30 + 40) \times .87 \times 100}$ $= 4.79 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg / cm}^2$

$q\ \text{stirr} = \frac{6. \times .494 \times 1400}{15 \times 45} = 6.15 \text{ kg / cm}^2$





نموذج الحادي عشر : قاعدة كابولية لعامود واحد
RECTANGULAR MONO CANTILVER
Y
Y
X
X
0.625
0.625
0.40
0.45
0.40
0.30
1.25
1.45 m
0.60
1.45 m
3.50 m
6Ø16
6Ø6/m
5Ø16
7Ø8/m
1.00
0.50
0.50
0.15
0.15
O.R
6Ø19
8Ø13
SEC. X-X
27.68 t
27.68 t
S.F.
18.10 m.t.
B.M.

النموذج الثانى عشر

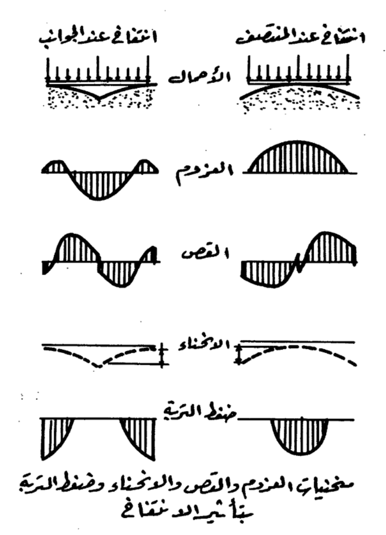
الأساسات المستمرة Raft foundation

قطعة أرض مساحتها ١٢,١٥م × ١٢,٦٥م والأحمال للأعمدة الوسطى ٧٠ طن وقطاعه ٣٠ × ٥٠ سم وبتسليح ٨ Φ ١٦ والأعمدة الطرفية يحمل ٣٥ طناً بقطاع ٣٠ × ٣٠ سم وبتسليح ٦ Φ ١٣ والأحمال الركنية ١٧,٥ طن بقطاع ٣٥ × ٣٥ سم وبتسليح ٤ Φ ١٣ . وعمق الحفر ١,٤٠م وجهد التربة الخالص لا يزيد عن ٧ طن / م٢.

ملحوظة :

الأساسات المستمرة هو نوع من الأساسات الذى يغطى الموقع بأكمله تحت المبنى ولتصميم أساس لبشة جاسىء فوق تربة منتفخة يكون معقد نتيجة لأن سطح التربة الذى كان أفقياً عند بداية عملية التشييد يصبح غير منتظم ولا يمكن التنبؤ بالتغير الذى سوف يطرأ على سطح التربة مع الزمن – ويجب اختيار شكل التشكل لسطح التربة الذى يؤدى إلى أكثر الحالات سوء أو إلى أكبر قيم لعزم الانحناء وقوى القص والترخيم التى يمكن توقعها .

وليس من الممكن التنبؤ بشكل وبواقع الدعامات الترابية أسفل اللبشة الصلبة نتيجة لعدم التأكد من طريقة استخدام المبنى ، فمثلاً عدم معرفة أماكن زراعة الأشجار والنباتات وإمكانية تسرب المياه من مواسير مياه الشرب والصرف الصحى وذلك يحتم على المهندس أن يفترض أسوأ الظروف عند التصميم فيجب افتراض انتفاخ التربة عند الاجهادات أو انكماش التربة فى الوسط وكذلك افتراض انبعاج التربة فى الوسط (أو انكماش عند الأطراف كما هو موضح بالأشكال الآتية .



منحنيات العزوم والقص والانحناء وضغط التربة بتأثير الانتفاخ

لذلك لا يفضل استخدام اللبشة إلا فى حالات خاصة حيث إنها تكون بشكل يسمح بتوجيه حركة التربة وأن تصمم اللبشة على افتراضات لميكانيكية التشكل المتوقعة .

ولتشييد اللبشة من الخرسانة المسلحة يجب أن يكون الصب فى حدود ١٢ × ١٢م على أن تكون الخرسانة طازجة ونترك فترة زمنية تقدر بحوالى ٢٤ ساعة بين صب المساحات المتجاورة مع اختيار الوصلات عند أماكن القص المنخفضة (قرب منتصف البحر من الأعمدة ويجب أن يكون أسياخ التسليح مستمرة خلال الوصلة وإذا لزم الأمر عمل وصل للأسياخ فيجب ألا يقل طول الوصلة للأسياخ عن ٦٠ مرة قطر السيخ .

ويجب أن يكون القطاع الخرسانى قوياً بالدرجة التى تسمح بنقل قوى القص خلال الوصلة وننصح بزيادة سمك اللبشة عند الوصلات .

كذلك يتم زيادة سمك اللبشة عند الحواف كحمل الحوائط وأية أحمال مركزة أخرى لتشكل ما يشبه الكمرة وننصح بأن تكون تلك الكمرة أسفل منسوب خط التجمد إذا ما كان المنشأ مشيداً فى مناطق باردة حتى لا يتسبب انتفاخ التربة بالتجمد فى تصدع حواف اللبشة .

ويجب لفت الانتباه هنا أن اللبشة المسلحة لا تؤسس مباشرة فوق التربة (سواء كانت التربة جافة أو مبللة) بل يجب صب طبقة من الخرسانة العادية بسمك لا يقل عن ٥٠ سم وذلك لوضع طبقة عازلة فوق الخرسانة العادية مثل المواد العازلة المائية (بيروبلاست) ثم تعمل لياسة أسمنتية فوقها ويبنى فى دائر المحيط طوبة بارتفاع فوق سطح الأرض بمقدار ٤٠ سم وتوضع الطبقة العازلة لهذا الارتفاع من الداخل ثم تبيض الطبقة العازلة بلياسة أسمنتية وفى هذه الحالة تصبح الطبقة العازلة تعمل كحلة للمبنى كله وكذلك منع المياه الجوفية من غسل خرسانة الأساس وتراعى هنا أن منسوب الأساس فى تلك الحالة عند حساب قدرة تحمل التربة هو المنسوب السفلى للخرسانة العادية .

وفى التربة اللينة المغمورة بالمياه الجوفية عند منسوب التأسيس لا تكون الخرسانة العادية كافية لتجهيز الموقع للبشة المسلحة بل يجب فى تلك الحالة دك دقشوم على الناشف بسمك قد يصل إلى نصف متر أو وضع طبقة من الرمل والزلط المدكوك جيداً قبل صب الخرسانة العادية وذلك لمنع هروب الخرسانة فى التربة اللينة ولمنع غسل الخرسانة وانفصال مكوناتها بفعل المياه الجوفية ولكن عند حساب قدرة تحمل التربة يؤخذ المنسوب عنده الجهد من أسفل منسوب الخرسانة العادية (المنسوب العلوى لطبقة الإحلال مع اعتبار خواص التربة الطينية اللينة وليست خواص الدقشوم أو الزلط والرمل فى حسابات قدرة تحمل التربة .

ولتصميم القطاعات الخرسانية نبدأ فى حالة اللبشة المسطحة باختيار عمق الاختراق وذلك بفرض سمك اللبشة حوالى سبع بحر الأعمدة بين المحاور (يؤخذ متوسط أكبر بحرين فى اتجاهى الطول والعرض ويتبع ذلك عند حساب عزم الانحناء وقوى القص كبلاطة مسطحة وعند التصميم يهمل تأثير انحراف المحصلة وتعتبر قيمة الضغط الخالص حيث F = مجموع أحمال الأعمدة / مساحة المبنى

واللبشة المثالية هى سقف خرسانى منتظم فى جميع أجزائه ويكون هذا النوع مناسباً جداً عندما يكون أحمال الأعمدة خفيفة إلى متوسطة وتقسيطها متقارب وصغير نسبياً وفى صفوف شبه مستقيمة . ويمكن زيادة سمك اللبشة أسفل الأعمدة ذات الأحمال الكبيرة لمقاومة القص والاختراق وعزم الانحناء السالب وتستعمل فى المواقع التى جهد التربة بها ضعيف أو فى حالة الخوازيق المصممة على مقاومة الاحتكاك .

التصميم :

Design of slab .

Total load $= 4 \times 70 + 8 \times 35 + 4 \times 17.5 = 630$ ton

$$\therefore \bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a \times D_F / q_{all}} = \frac{630}{1 - \frac{2 \times 1.4}{12}} = \frac{630}{.77} = 818 \text{ ton}$$

$$\text{Load on soil} / m^2 = \frac{818}{12.15 \times 12.65} = 5,322 \ t/m^2 < 7 \ ton/m^2$$

ملحوظة :

فى حالة زيادة الجهد على التربة عن ٧ طن / م٢ المعطاه فى المثال يجب تخفيض الحمل إلى أن يصل إلى أقل من ٧ طن / م٢ .

$$\text{Load on base / m}^2 = \frac{630}{12.15 \times 12.65} = 4.09 \text{ ton / m}^2$$

$$wy = w \times \frac{1}{\left(\frac{Ly}{L\chi}\right)^4 + 1} = 4.09 \times \frac{1}{\left(\frac{4}{4.5}\right)^4 + 1} = 2.55 \text{ ton / m}^2$$

$$w\chi = 4.09 - 2.55 = 1.54 \text{ ton / m}^2$$

أخذت الباكية المتوسطة التى أبعادها ٤ × ٤,٥ م واستعمل قانون التوزيع السابق .

حيث :

W = الجهد على الخرسانة الناتج من قسمة الحمل الكلى على مساح الأرض .

Lx = البعد الطويل .

Ly = البعد القصير .

Design of slab

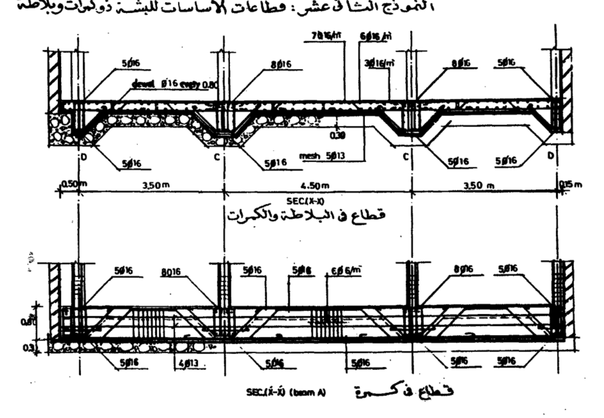
$$B.M = L - y = \frac{wL^2}{10} = \frac{2.55 \times 4^2}{10} = 4.08 \text{ m.t}$$

when $fc = 45 \text{ kg / cm}^2$ & $K_1 = .392$ & $K_2 = 1248$

$$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .392 \sqrt{\frac{408000}{100}} = 25.9 \text{ cm say T 30 cm}$$

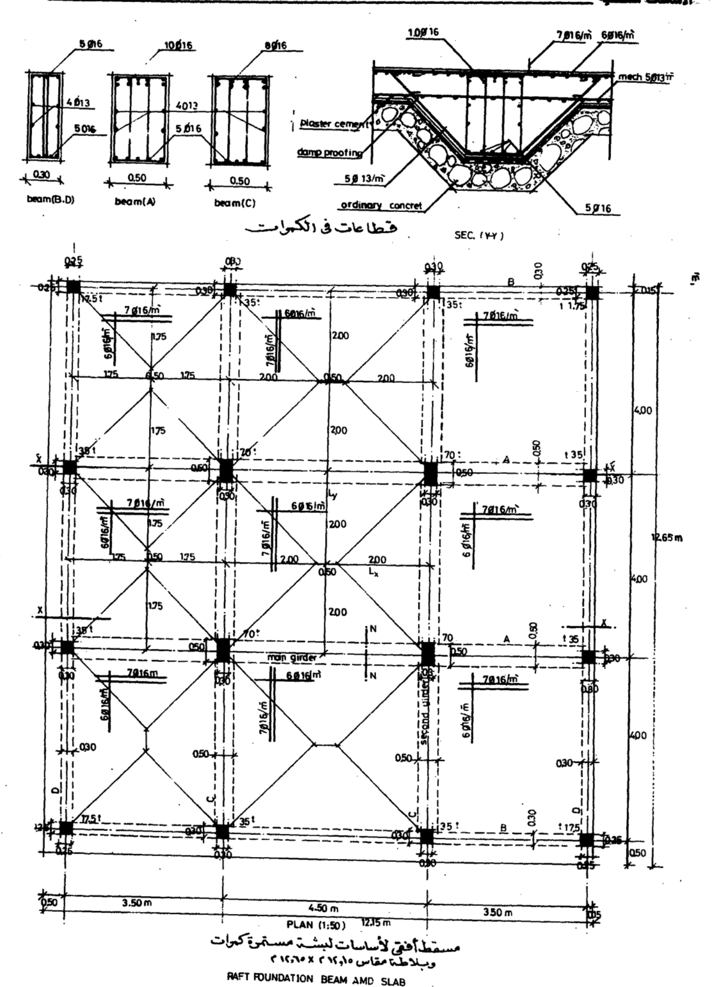
ملحوظة هامة : فى تصميم البلاطات استعمل قانون التوزيع السابق ولكن فى تصميم الكمرات أخذت المساحات المبينة على الرسم مضروباً فى ٤,٠٩ طن السابق استخراجها .

النموذج الثانى عشر : قطاعات الأساسات للبشة ذو كمرات وبلاطة



قطاع فى البلاطة والكمرات

SEC.(X-X) (beam A) قطاع فى كمرة



مسقط أفقي لأساسات لبشة مستمرة كمرات
وبلاطة مقاس ١٢,١٥م × ١٢,٦٥م

RAFT FOUNDATION BEAM AMD SLAB

As $= \frac{M}{K_2.d}$ $= \frac{408000}{1248 \times .87 \times 30}$ $= 12.55\ cm^2$ say 7ϕ16 / m⁻

B.M = L - χ $= 1.54 \times 4.5^2$ = 3.11 m.t

As $= \frac{311000}{1248 \times .87 \times 25}$ $= 11.45\ cm^2$ say 6ϕ16 / m⁻

Aś = .2% Ac $= \frac{100 \times 30 \times 2}{1000}$ = 6 cm say 5 ϕ 13. mesh / m^2

Design of main girder (a)

Load per m⁻ $= \frac{1}{11.65} \left[\frac{0.5 + 4.5}{2} \times 2 \times 2 + \left(\frac{3.50 \times 1.75}{2}\right) \times 2 \times 2\right] \times 4.20$ = 8.22 ton / m⁻

B.M $= \frac{wL^2}{10}$ $= \frac{8.22 \times 4.5^2}{10}$ = 16.64 m.t

d $= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$ $= .392 \sqrt{\frac{1664000}{50}}$ = 71.5 cm say T 80 cm

$Q_s =$ $\frac{8.22 \times 4.5}{2}$ = 18.495 ton

d to resist shear $= \frac{18495}{6 \times .87 \times 50}$ = 70 cm say 80

As $= \frac{M}{K_2 \times .87 \times T}$ $= \frac{1664000}{1248 \times .87 \times 80}$ $= 19.15\ cm^2$ say 10ϕ16

$\bar{A}_s$ $= 0.2\% \times A_c$ $= 80 \times 50 \times 0.2\%$ $= 8\ cm^2$ say 5ϕ16

Design of secondary girder (C))

Load per m⁻ $= \frac{1}{12.15} \left[\left(\frac{4 + .50}{2} \times 1.75\right) 3 + \left(\frac{4 \times 2}{2}\right) 3\right] \times 4.20$ = 8.33 ton / m⁻

B.M $= \frac{wL^2}{10}$ $= \frac{8.33 \times 4^2}{10}$ = 13.32 m.t

d $= K_1 \sqrt{\frac{M}{b}}$ $= .392 \sqrt{\frac{1332000}{50}}$ = 64 cm say T 80 cm

As $= \frac{M}{k_2.d}$ $= \frac{1332000}{1248 \times .87 \times 80}$ $= 15.33\ cm^2$ say 8ϕ16

$\bar{As}$ $= 0.2\% \times A_c$ $= 80 \times 50 \times 0.2\%$ $= 8\ cm^2$ say 5ϕ16

Design of main girder (B) & take breadth 30 cm

Load / m⁻ $= \frac{1}{11.65} \left[\frac{3.5 \times 1.75}{2} \times 2 + \frac{4.5 + 0.50}{2} \times 2\right] 4.02$ = 3.88 m.t

B.M $= \frac{wL^2}{10} = \frac{3.88 \times 4.5^2}{10} = 7.85$ m.t

As $= \frac{785000}{1248 \times .87 \times 80} = 9.03\ cm^2$ say 5φ16 & $\bar{A_s}$ 5φ16

Design of secondary girder (D) & take breadth 30

Load / $\bar{m}$ $= \frac{1}{12.15} \left[\frac{4 + .50}{2} \times 1.75 \times 3\right] 4.02 = 3.9$ ton / $\bar{m}$

B.M $= \frac{wL^2}{10} = \frac{3.9 \times 4^2}{10} = 6.24$ m.t

As $= \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{624000}{1248 \times .87 \times 80} = 7.18\ cm^2$ say 5φ16 & $\bar{A_s}$ 5φ16

All stirs 6φ6 / $\bar{m}$ 4 branches

Check of punch to main girder

$Q_p = 70 - (.30 \times 50) \times 4.2 = 69.37$ ton

$q_p = \frac{69370}{2(30 + 50) \times .87 \times 80} = 6.22\ kg/cm^2 < 8\ kg/cm^2$

ملحوظة هامة :

١ – ثبت ارتفاع الكمرات إلى ٨٠ سم ليس تهرباً من معادلة الدرجة الثانية أو moment of distribution أو column - Analogy ولكن لسهولة التنفيذ .

٢ – رغم أن الأحمال على الكمرات الخارجية أقل من الداخلية بمقدار النصف على الأقل ولكن حسبت بنفس القطاع وذلك لإعطاء الكمرة الخارجية جساءة كى تتحمل إذا ما حدث عدم اتزان وهبوط الأساس لأى سبب ما كما سبق شرحها .

جدول الكمرات

نموذج الكمرة	قطاع الكمرة		تسليح علوى		تسليح سفلى	كانات	ملاحظات
	عرض	ارتفاع	عدل	مكسح			
A	,٥٠	,٨٠	١٦φ٦	١٦φ٤	١٦φ٥	٦φ٦ / م‾	كانات أربعة لفرع
B	٣٠	,٨٠	١٦φ٣	١٦φ٢	١٦φ٥	٦φ٦ / م‾	كانات أربعة لفرع
C	٥٠	٨٠	١٦φ٥	١٦φ٣	١٦φ٥	– –	كانات أربعة لفروع
D	٣٠	,٨٠	١٦φ٣	١٦φ٢	١٦φ٥	– –	كانات أربعة لفروع

النموذج الثالث عشر

قطعة الأرض السابقة بنفس المقاسات ١٢,٥ × ١٢,- ولكن الأحمال للأعمدة الوسطى ١٨٠ طن بقطاع ١٠٥ × ٣٥ سم وبتسليح ١٢ϕ١٩ والأعمدة الطرفية حملها ٨٠ طن بقطاع ٤٥ × ٣٥ سم وبتسليح ٨ϕ١٦ والأعمدة الركنية حملها ٥٠ طن بقطاع ٣٥ × ٣٥ سم وبتسليح ٦ϕ١٦ والجهد على الأرض ١٥ طن / م٢ وعمق الحفر ١,٦م والمطلوب تصميم لبشة مسطحة .

ملاحظات :

هذا النوع من اللبشة شائع الاستعمال ويجب الأخذ فى الاعتبار الآتى : -

١ - أن يكون سمك اللبشة لا يقل عن المسافة بين أكبر عمودين مقسوماً على سبعة .

٢ - عند حساب الـ B.M يأخذ أكبر الأرقام التالية :

أ : مجموع أحمال الأعمدة مقسوماً على المساحة الكلية .

ب : القسمة الناتجة من أكبر عامود على المساحة المتوسطة لهذا العامود .

٣ - هذه الطريقة تقريبية وشائعة .

٤ - إذا حسبت الأحمال بعد إضافة وزن الخرسانة وكان وزن المتر المسطح أكبر من جهد التربة يجب تخفيف الأحمال حتى يكون جهد التربة أكبر من وزن الأحمال .

Design of slab

Total loads $= 180 \times 4 + 80 \times 8 + 4 \times 50 = 1560$ ton

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a \times D_f / q_{all}} = \frac{1560}{1 - \frac{2 \times 1.6}{15}} = \frac{1560}{0.79} = 1974 \text{ ton}$$ الحمل بعد الإضافة

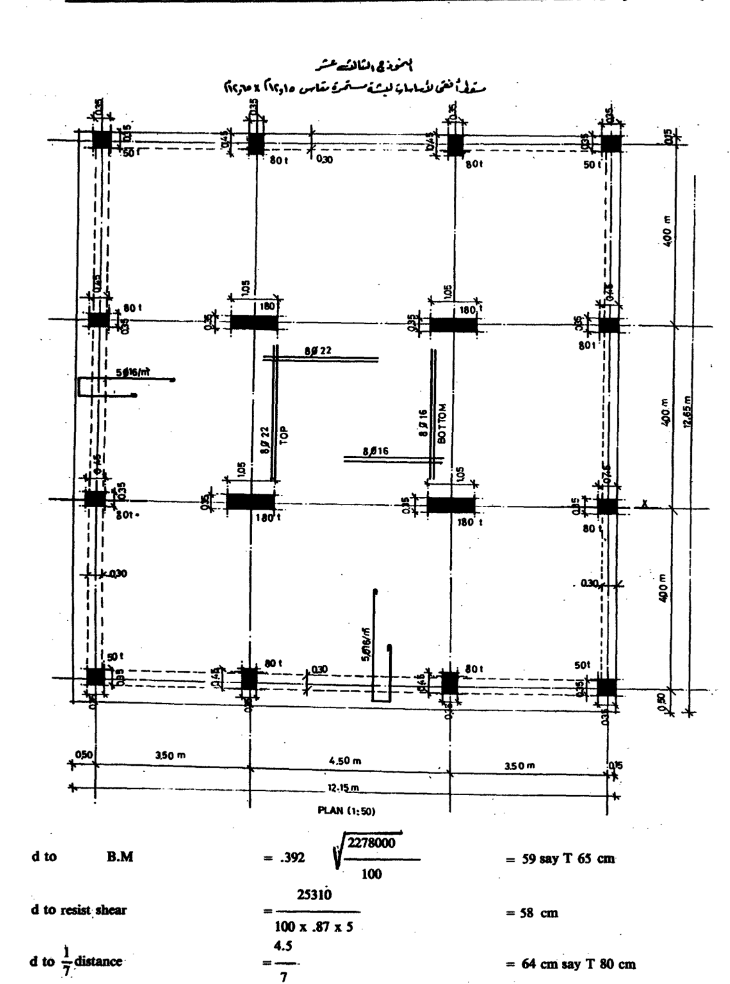
load / m² on soil $= \frac{1974}{12 \times 12.5} = 13.16 \text{ ton / m}^2 < 15 \text{ ton / m}^2$

load / m² on base $= \frac{1560}{12 \times 12.5} = 10.40 \text{ ton / m}^2$

load to big column / m² $= \frac{180}{4 \times 4} = 11.25 \text{ ton / m}^2 > 10.40 \text{ ton / m}^2$

$$B.M = \frac{wL^2}{10} = \frac{11.25 \times 4.5^2}{10} = 22.7\,8 \text{ m.t}$$

$$Q_s = \frac{w \times L}{2} = \frac{11.25 \times 4.5}{2} = 25.31 \text{ ton}$$



d to B.M $= .392 \sqrt{\dfrac{2278000}{100}}$ = 59 say T 65 cm

d to resist shear $= \dfrac{25310}{100 \times .87 \times 5}$ = 58 cm

d to $\dfrac{1}{7}$ distance $= \dfrac{4.5}{7}$ = 64 cm say T 80 cm

$$As = \frac{M}{K_2 \times d} = \frac{2278000}{1248 \times .87 \times 80} = 32.5\ cm^2 \text{ say } 8\phi 22\ /\ m^2 \text{ main \& seco}$$

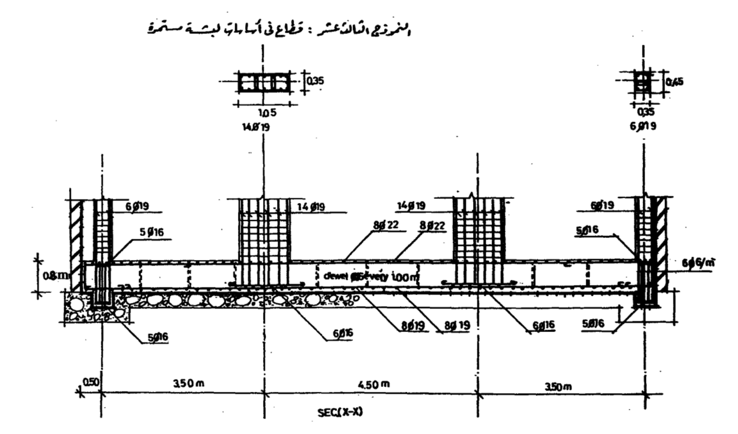
$$\bar{As} = 0.25\%\ Ac = \frac{25 \times 100 \times 80}{10000} = 20.25\ cm^2 \text{ say } 8\ \phi\ 19\ m^2 \text{ main \& seco}$$

Check of punch :

$$Q_p = P - (b + \frac{2}{3} d)(a + \frac{2}{3} d) \times 11.5$$

$$180 - (.35 + .40)(1.05 + .40) \times 11.5 = 167.5 \text{ ton}$$

$$q_p = \frac{167500}{2(75 + 145) \times .87 \times 65} = 6.73\ kg / cm^2 < 8\ kg / cm_2$$



النموذج الرابع عشر

المطلوب تصميم أساسات مستمرة بنظام الكمرات المتقاربة لقطعة أرض مقاس ٢٧,٨٤ × ١٥م وبها ١٢ عامود منهم عامودان ٦ ، ٧ حمل كل منهما ٢٠٠ طن بقطاع ٥٥, × ٥٥, م وبتسليح ١٦Φ١٦ وأربعة أعمدة ٢ ، ٣ ، ١٠ ، ١١ حمل كل منهما ١٥٠ طن بقطاع ٥٠, × ٥٠, م ١٦Φ١٢ وعامودان ٥ ، ٨ حمل كل منهما ١٣٥ طن بقطاع ٤٥, × ٤٥, وبتسليح ١٦Φ١٢ وأربعة أعمدة ١ ، ٤ ، ٩ ، ١٢ حمل كل منها ١٠٠ طن بقطاع ٤٠, × ٤٠, وبتسليح ١٦Φ٨ وعمق الحفر ٢ متر وجهد التربة ١٠ طن / م٢ .

التصميم :

يعتبر عرض الكمرات أكبر من قطاعات الأعمدة بمقدار ١٠ سم وعلى هذا تصبح الكمرة من ١ – ٤ بعرض ٦٠ سم ، والكمرة من ٥ – ٨ بعرض ٦٥ سم والكمرة ١ – ٩ بعرض ٥٥ سم والكمرة ٢ – ١٠ بعرض ٦٥ سم .

Total load $= 2 \times 200 + 4 \times 150 + 2 \times 135 + 4 \times 100 = 1670$ ton

$$\bar{W} = \frac{W}{1 - \gamma_a \times D_f / q_{all}} = \frac{1670}{1 - \frac{2 \times 1.4}{10}} = \frac{1670}{.72} = 2319 \text{ ton}$$

Load on soil / m^2 $= \frac{2319}{27.84 \times 15.6} = 5.55$ ton / m^2 ∠ 10 ton / m^2

ملحوظة : فى حالة زيادة الجهد فى التربة أكثر من ١٠ طن /م٢ المعطاة فى المثال يجب تخفيض الحمل إلى أن يصل أقل من ١٠ طن .

Load on base / m^2 $= \frac{1670}{27.84 \times 15.6} = 3.99$ ton / m^2 say 4 ton

Design of slab

B.M at cantilever 1.2 m = 1.2 - .275 = .975 $\therefore \frac{.975^2 \times 4}{2} = 1.90$ m.t

let $f_c = 50$ & $k_1 = .361$ & $k_2 = 1237$

$d = k_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = .361 \sqrt{\frac{190000}{100}}$ 15.73 cm say T = 20 cm

B.M at cantilever 1.5 m = 1.5 - .30 = 1.2 $\therefore \frac{1.2^2 \times 4}{2} = 2.88$ m.t

$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \sqrt{\frac{288000}{100}} = 19.37$ cm say T 25 cm

B.M between beam B_2 & B_1 $= \frac{2.12^2 \times 4}{10} = 1.79$ m.t

B.M between B_2 & B_2 $= \frac{2.12^2 \times 4}{12} = 1.5$ m.t

$d = .361 \sqrt{150000} = 14$ cm

$d = .361 \sqrt{197000} = 16$ cm

To facilitate execution take cantilever depth 25 cm and another 20 cm

As to B.M 2.88 m.t $= \frac{288000}{1237 \times .87 \times 25} = 10.07$ cm^2 take 8ϕ13 / m⁻

As to B.M 1.9 m.t $= \frac{190000}{1237 \times .87 \times 20} = 18.82$ cm^2 take 7ϕ13 / m⁻

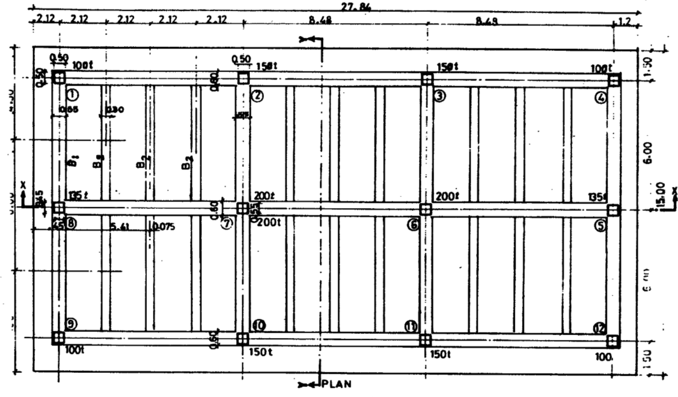
As to B.M 1.97 m.t $= \frac{197000}{1237 \times .87 \times 20} = 9.1$ cm^2 take 10ϕ10 / m⁻

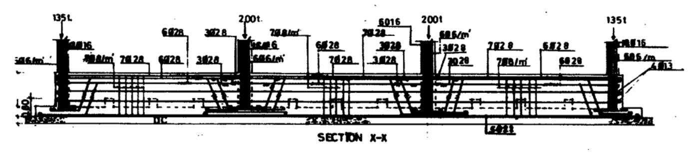
As to B.M 1.5 m.t $= \frac{150000}{1237 \times .87 \times 20} = 6.96$ cm^2 take 9ϕ10 / m⁻

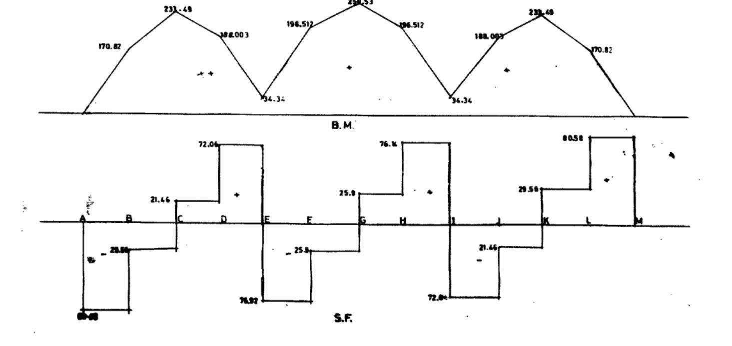
Take distributor 5ϕ10 / m⁻

النموذج الرابع عشر : الأساسات المسترة ذات الكمرات والعبوقات

SLAB AND GIRDER RAFT FOUNDATION







Design of ribs beam

The uniform distributed load at per meter run on B_1 $= 4 \left(\frac{2.12}{2} + 1.20\right) = 9.04$ ton

The uniform distributed load at per meter run B_2 $= 4 \times 2.12 = 8.48$ ton

Let R_1 & R_2 be the control reaction of beam B_1 & B_2 on the control main beam (5 - 6 - 7 - 8) and beam B_1 carries only part of the load carried by the beam B_2 and hence the contral reaction R_1 & R_2 as the following .

Then $\frac{R_1}{R_2} = \frac{B_1}{B_2} = \frac{9.04}{8.48}$ $\therefore R_1 \times 8.48 = R_2 \times 9.04$

$\therefore R_1 = \frac{9.04\ R_2}{8.48}$ & $R_2 = \frac{8.48\ R_1}{9.04}$

Also the sum of all center of B_1 reactions should be equal to two of the column load on the central main beam (5- 6 - 7 - 8).

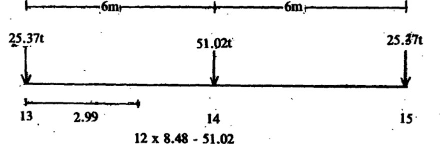
Also it is assumed that the sum of the control reactions from transverse beams B_1 & B_2 is equal to the total load from control columns :

$\therefore 2R_1 + 11R_2$ = load of column (5 + 8) + (load column 7 + 8)

$\therefore 2R_1 + 11R_2 = (2 \times 135) + (2 \times 200) = 670$ ton

To get R_1 $= 2R_1 + 11 \left(\frac{8.48\ R_1}{9.04}\right) = 760$ ton $\therefore R_1 = 54.42$ ton

To get R_2 $= 2 \left(\frac{9.04\ R_2}{8.48}\right) + 11R_2 = 670$ ton $\therefore R_2 = 51.02$ ton



The reaction of beam B_2 13-14-15 $= \frac{12 \times 8.48 - 51.02}{2} = 25.37$ ton

Point of zero shear $= 8.48 \times \chi = 25.37$ $\therefore \chi = 2.99$ m

B.M at zero shear $= 2.99 \times 25.37 - \frac{2.99^2 \times 8.48}{2} = 37.95$ say 36 m.t

We design at T section:

لم يسبق فى هذا الباب أن قمنا بأى تصميم على القطاع T وعليه سنلقى الضوء عليه :

أولاً : الكمرات المصبوبة كجسم واحد متماسك مع البلاطات تصمم باعتبارها ذات قطاعات بشكل حرف T بشرط أن تكون أسياخ تسليح البلاطة ممتدة فى الاتجاه العمودى على اتجاه الكمرة قرب سطحها العلوى وبكامل عرض شفها Flange ولا تقل مساحة قطاعها عن ٠,٣٪ من مساحة قطاع خرسانة البلاطة .

ثانياً : يحدد عرض الشفة العامل مع الكمرة فى الحالة المذكورة بالبند أولاً بأقل المقادير الآتية : –

وهى $\frac{١}{٣}$ بحر الكمرة أو المسافة بين محاور الكمرات أو عرض روح الكمرة مضافاً إليها ١٢ مرة سمك البلاطة – وفى الكمرات ذات الشفة البارزة من جهة واحدة أى بشكل حرف L يحدد عرض الشفة العامل مع الكمرة بأقل المقادير الآتية : $\frac{١}{٦}$ بحر

الكمرة أو نصف المسافة بين أوجه الكمرات مضافاً إليها عرض روح الكمرة أو عرض روح الكمرة مضافاً إليها ٤ مرات سمك البلاطة .

ثالثاً : الكمرات ذات القطاعات بشكل حرف T التى شفتها غير متصلة ببلاطات من الخرسانة المسلحة لا يجوز أن يزيد عرض الشفة عن ٤ مرات عرض الروح كما لا يجوز أن يقل سمكها عن ٠,٥ عرض الروح .

رابعاً : إذا زاد ارتفاع الكمرات ذات القطاعات شكل حرف T عموماً عن ١٠ مرات سمك البلاطة فيجب تقوية الوصلة بين الشفة والروح بعمل شطفات على الجانبين سقوطها عن بطنية الشفة تساوى سمك الشفة وبميل لا يزيد عن ٣٠° مع الخط الأفقى .

The conduction of designing T section is subject to simple bending .

allowable stress Fc = 30 kg / cm^2 & economic limit

fc = 40 kg / cm^2 max value & assumed fs = 1400 kg / cm

Balanced section :

given M, b_o & TS. required d & As for fc = 30 k / cm^2 & fs = 1400 kg / cm

Determine the breadth of the flange B .

B min of B = 12 TS + b_o or B = from axis to axis of ribs

Determine the position of N.A from the relation .

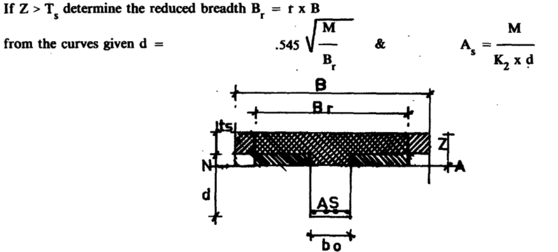
$$Z = .135 \sqrt{\frac{M}{B}}$$

If Z = ≮ T_s the section is to be designed as rectangular section with breadth B .

$$\text{i.e. } d = .545 \sqrt{\frac{M}{B}} \quad \& \quad A_s = \frac{M}{1286 \times d}$$

If Z > T_s determine the reduced breadth B_r = r x B

from the curves given $d = .545 \sqrt{\frac{M}{B_r}}$ & $A_s = \frac{M}{K_2 \times d}$



Dimension of T section

In our case B.M = 38.52 m.t & b = 30 cm & T_s = 20 cm

B = 12 x 20 + 30 = 270 > The space between to

ribs > $\frac{span}{3}$ & take fc = 35 kg / cm^2 & k_1 = .480 & k_2 1237

use B $\frac{6}{3} = 2$ m

$$Z = .135 \sqrt{\frac{3800000}{200}} = 18.6 < 20$$

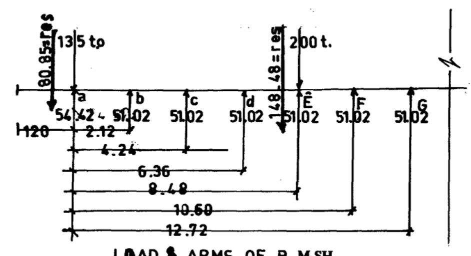
$$d = .480 \sqrt{\frac{3800000}{212}} = 64.25 \text{ take T 90 cm}$$

$A_s = \frac{M}{1237 \times .87 \times 90} = \frac{3800000}{1237 \times .87 \times 90} = 39.23\ cm^2$ take 8φ25

Check of shear :

$Q_s = 25.370$ & - $\quad q_s = \frac{25370}{50 \times .87 \times 90}$ $\quad 10.80\ kg / cm^2 > 7\ kg / cm^2$

q stirr $= \frac{4 \times .494 \times 1400}{30 \times 15} = 6.147\ kg / cm^2$ take 7 stirrups / m φ8 four branches & 4φ25 bent bars.



LOAD & ARMS OF B. M-SH

Design of main beam (5- 6- 7- 8)

B.M = b = 80.58 x 2.12 = 170.82 m.t

B.M = C = 80.58 x 4.24 - 51.02 x 2.12 = 233.49 m.t

B.M = d = 80.58 x 6.36 - 51.02 x 2.21 - 4.24 x 51.02 = 188.003 m.t

B.M = E = 80.58 x 8.48 - 51.02 x 2.12 - 4.24 x 51.012 - 51.02 x 6.36 = 34.34 m.t

B.M = F = 80.58 x 10.60 + 148.98 x 2.12 - 51.02 x 4.24 - 51.02 x 6.36 - 51.02 x 8.48 = 196.512 m.t

B.M = G = 12.72 x 80.58 + 4.24 x 148.98 - 51.02 x 2.12 - 6.36 x 51.02 - 51.02 x 8.48 - 51.02 x 10.60 = 250.53 m.t

From the upper calculation the biggest :
B.M is 250.53 m.t we deisgn as T section

$B = 12\ T_s + b_o = 12 \times 20 + 65 = 305$ cm & $\frac{span}{3} = \frac{8.08}{3} = 2.82$

$Z = .135 \sqrt{\frac{25053000}{305}} = 38.69 >$ $\quad T_s$ 20 cm

$\frac{T_s}{Z} = \frac{20}{38.69} = .516$

$\frac{B}{b_o} = \frac{305}{65} = 4.69$

∴ R from curves = .86

$B_r = 2.82 \times .86 = 2.43$

we take fc = 35 kg / cm^2 & k_1 .480 & k_2 = 1273

d = .480 $\sqrt{\frac{25053000}{243}}$ = 154 cm

The biggest Q_s = 80.58 from S.F diagram

d to shear $= \frac{80580}{8 \times .87 \times 65}$ = 178 take T .185 cm to economy steal

$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87 \times d} = \frac{25053000}{1273 \times .78 \times 185}$ = 122 cm^2 take 20ϕ28

As to B.M 233 m.t $\frac{23349000}{1273 \times .87 \times 185}$ = 114 cm^2 take 19ϕ28

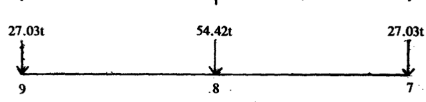
A_s = 0.15% from Ac = 65 x 185 x 15 = 15 cm^2 take 5ϕ22

q stirr $= \frac{6 \times .494 \times 1400}{65 \times 15}$ = 4.256 kg / cm^2 & put 6ϕ28 bent

To deisgn beam (1 - 2 - 3 - 4) and beam (9 - 10 - 11 - 12) the calculations are exactly similar as for beam (5 - 6 - 7 - 8) to B.M & S.F to different load .

Design B_1 (1 - 8 - 9) and its R_1 = 54.42 ton

The reaction of beam B_1 $= \frac{12 \times 9.04 - 54.42}{2}$ = 27.03 ton



To get zero shear = 9.04 χ = 27.03 $\therefore \chi$ = 2.99 m

B.M at zero shear $= 2.99 \times 27.03 - \frac{2.99^2 \times 9.04}{2}$ = 40.04 m.t

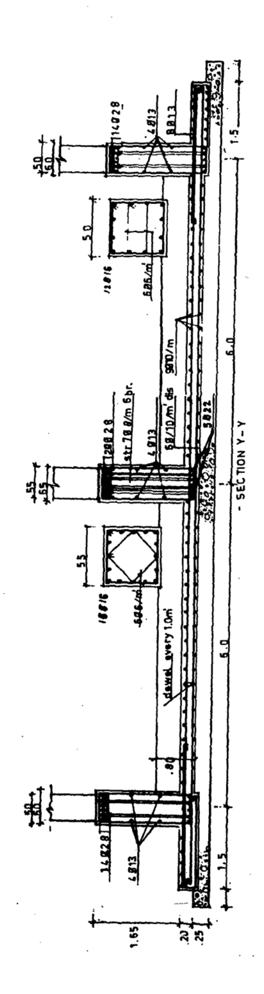
$A_s = \frac{M}{K_2.d} = \frac{4041000}{1273 \times .87 \times 185}$ = 19.72 take 5ϕ22

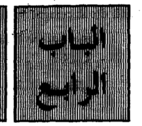
put 5ϕ22 to beam (2 - 7 - 10) & (3 - 6 - 11)

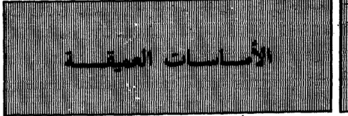
Check of bond to slab

$Q_s = \frac{8.48}{2}$ = 4.24 ton

$q_b = \frac{4240}{10 \times 3.14 \times 1 \times .87 \times 20}$ = 7.76 kg / cm^2 < 8 kg / cm^2


- SECTION Y-Y
dowel every 1.0m
6.0
6.0
1.5
1.5
1.65
.20
.25
.80
55
5.0
12Ø16
16Ø16
4Ø13
9Ø10/m
5Ø22





أنواع الأساسات العميقة هى الأنواع التالية :
الخوازيق – القيسونات – الدعائم – الآبار الإسكندرانى .

١ – **الخوازيق** : هى عناصر إنشائية نحيفة ذات كفاءة تحميل محورى عالية – عادة ما تزيد نسبة طولها إلى قطرها عن حوالى عشرة ، وتترواح أقطارها من ٠,٣ متر إلى ١,٥٠ متر أو أكثر وأطوالها من ٤ متر فأكثر وقد تصل فى بعض الحالات الخاصة إلى ٦٠,٠٠ متر . ويلزم لتنفيذها عادة معدات ميكانيكية مختلفة . والخوازيق إما سابقة التصنيع تثبت فى التربة بالاختراق (دق – برم – ضغط) أو تنفذ فى مكانها بوسائل الحفر والتفريغ أو الدق .

٢ – القيسونات : هى أساسات أسطوانية – أو صندوقية ذات خلية واحدة أو عدة خلايا تتميز بمقاساتها الكبيرة . تصنع جزئياً أو كلياً خارج مكان التأسيس وتثبت فى مكانها بالتغويص والحفر . ترتكز عادة تحت منسوب المياه الجوفية أو تحت قاع المسطحات المائية . ويتم الحفر وتنفيذ أجسام هذه القيسونات داخل غرف مفتوحة أو مغلقة قد تكون مزودة بإمكانية التحكم فى ضغط الهواء داخلياً .

٣ – **الدعائم** : أساسات لها مقاسات كبيرة تنفذ بالحفر اليدوى أو الميكانيكى ولكن بدون تغويص وتكون بغلاف أو بدونه . وقد يجفف المكان حولها وتنفذ داخل شدات كما فى دعامات الكبارى تصنع من كتل حجرية قوية أو خرسانية عادية ذات كفاءة خاصة أو خرسانة مسلحة .

٤ – **الآبار الإسكندرانى** : هى عناصر إنشائية تحت منسوب قاع القواعد المسلحة وعادة ما تقل نسبة طولها إلى قطرها أو ما يكافئه عن حوالى عشرة تستعمل محلياً فى المناطق الجافة (عدم وجود مياه أرضية) ينفذ حفر البئر يدوياً بدون سند للجوانب إلانادراً .

يملأ جسم البئر باستعمال خرسانة عادية فقيرة أو رمل مثبت أو طبقات مدكوكة من الرمل والزلط وعادة لا تقل أقطارها عن ١,٥ متر .

٥ – **اختيار نوع الأساس العميق المناسب** : عند ملائمة حالة تربة التأسيس لأكثر من نوع من الأنواع ، تكون المفاضلة عادة لاختيار النوع الأكثر اقتصاداً فى التكاليف وفى فترة التنفيذ . وعموماً تكون الأساسات الخازوقية ذات الأقطار العادية أى من ٣٠٠ ملليمتر إلى ٦٠٠ ملليمتر أكثر ملائمة فى حالات الأساسات ذات الأحمال الخفيفة نسبياً والكثيرة العدد بينما يكون التأسيس على خوازيق التثقيب ذات الأقطار الكبيرة أقطارها أكبر من العدد . مثل منشأت الكبارى الرئيسية ذات البحور الكبيرة .

نبذة عن أعمال الخوازيق :

ازداد الطلب فى النصف الأخير من القرن الحالى للأساسات الخازوقية وظهرت الحاجة الملحة لاستخدام الخوازيق كأساسات للمبانى العالية والأبراج السكنية والمنشآت ذات الأحمال الثقيلة – وقد بدأ استخدام الخوازيق – التى يتم دقها بمطرقة البخار – عام ١٨٤٥ بواسطة « تاسميث » فى إنجلترا ... وقد تطورت الآت الدق ابتداء من عام ١٨٩٣ . من آلات خوازيق خشبية إلى آلات دق خوازيق من الحديد والخرسانة وقد بدأ استخدام الخوازيق فى مصر ابتداء من ١٩٢٠م . وازداد استخدامها والطلب عليها من عام ١٩٣٥م . واستمرت الزيادة فى الطلب والاستخدام مما أدى إلى ظهور عدة شركات متخصصة فى هذه الأعمال وقد بدأت باستخدام خوازيق بأطوال لا تزيد عن ٦ – ١٠ متر ووصلت الأطوال المستخدمة حالياً إلى ٣٥م وأكثر من ذلك .

كما تطورت أقطار وأطوال الخوازيق المستخدمة وبالتالى الأعمال التصميمية . وسيتم استعراض أنواع الخوازيق المختلفة خاصة المستخدمة فى جمهورية مصر العربية . وكذا كيفية اختيار الأساسات الخازوقية المناسبة والاشتراطات العامة للخوازيق المختلفة وتجارب التحميل وبعض المشاكل التى تعترض تنفيذ الأساسات الخازوقية وأنسب الأساليب لحل هذه المشاكل :

أولاً : استخدام الأساسات الخازوقية :

يتبادر إلى ذهن المهندس الإنشائى عند تصميمه للمبنى ذلك

السؤال : ما هو أنسب نوع للأساسات المطلوب استخدامها ؟ وهذا يقودنا إلى ذلك السؤال : لماذا تستخدم الأساسات الخازوقية ؟ والتى تتلخص فى التالى :

١) نقل الأحمال الثقيلة المتولدة من المنشأ إلى طبقات أقوى تحملاً وأقل انضغاطاً .

٢) زيادة اتزان المبانى العالية والأبراج وتفادى الهبوط .

٣) عندما يكون استخدام الأساسات السطحية مثل اللبشة أكثر تكلفة وأقل كفاءة .

٤) حمل القوى الأفقية لدعامات الكبارى والحوائط الساندة .

٥) حمل قوى الضغط العلوى (uplift) .

٦) ضغط الرمال السائبة (loose sand) .

٧) الحماية من الانهيار نتيجة النحر خاصة فى المنشآت البحرية .

ثانياً : أنواع الخوازيق :

يمكن تقسيم الخوازيق بطرق متنوعة .

(أ) بالنسبة لتأثير الخازوق على التربة أثناء الإنشاء ... وهى ثلاثة أنواع .

— خوازيق ذات إزاحة كبيرة (large displacement) .

— خوازيق ذات إزاحة صغيرة (small displacement) .

— خوازيق بدون إزاحة (Non displacement) .

(ب) بالنسبة للمواد التى تصنع منها الخوازيق .

مثل خوازيق خشبية أو حديدية أو خرسانية .

(جـ) بالنسبة لطريقة الإنشاء .

— خوازيق بالدق (Hammering) .

— خوازيق بالتفريغ (sored) .

— خوازيق بالثقب (drilling) .

— خوازيق بريمة (screw) .

(د) بالنسبة لطريقة الصنع .

— خوازيق مجهزة (precast piles) .

— خوازيق مصبوبة فى مكانها (cast in site) .

(هـ) بالنسبة لطريقة نقل الحمل الواقع عليها .

— خوازيق احتكاك (friction) وهى التى تنقل الحمل الواقع عليها وذلك عن طريق الاحتكاك على جوانب الخازوق ، خوازيق ارتكاز (bearing) وهى التى تنقل الحمل الواقع عليها إلى أصلب طبقات التربة المرتكز عليها الخازوق ومعامل ضغط الإحاطة والتماسك للأساسات العميقة وأشكال الإنهيار المفروضة للأساسات كما فى الأشكال التالية :

أسلوب نقل الأحمال على التربة بالنسبة لنوع الخازوق

أ- خازوق من نوع الاحتكاك friction pile

ب- خازوق من نوع نقطة التحمل end bearing pile

أ- خوازيق الاحتكاك friction piles

ب- خوازيق نقطة التحمل point bearing

أسلوب توزيع الاجهادات (فقاعة الاجهادات) Bulb of pressure

حسب نوع الخازوق المستخدم

Q

(a)

prandtl
reissner
caquot
buisman
terzaghi

Q

(b)

debeer
jaky
meyerhof

Q

(c)

berezantsev
yaroshenko
vesic

Q

(d)

bishop hill mott
shemton yassin
and gibson

Assumed failure patterns under deep foundations
(after vesic, 1967)

أشكال الأنهيار المفروضة للأساسات

bearing capcity factor, N_q^*

10,000
1000
100
100

de beer
jaky
meyerhof

beresantev
vesic

debeer 1945
meyerhof 1953 drived piles
meyerhof 1953 bored piles
skempton yassin
vecs 1963
terzaghi 1943
beresantev 1961
brinch hansen 1961
caquot kerise 1956
gibson 1953
brinch hansen 61

SKEMPTON
Yassin
BISHOP

terzaghi

25 30 35 40 45 50

angle of internal friction θ - degrees

معامل ضغط الإحتكاك للأساسات العميقة

bearing capacity factor, N_c

9
8
7
6
5

(Nes) for square or cylindrical foun.

(Nee) for couthunus foun.

0 1 2 3 4

ratio depth to foun.
(D/b or D/2R)

معامل التماسك للأساسات العميقة

ثالثاً: العوامل الرئيسية التى تحدد نوع الخازوق المستخدم:

١) مكان وموقع ونوع المنشأ .

٢) طبقة الأرض بما فى ذلك منسوب المياه الأرضية .

٣) قوة تحمل مادة الخازوق على المدى الطويل ... فمثلاً ليس من المعقول استخدام خوازيق خشبية فى حالة وجود منسوب مياه متغير ... أو استخدام خوازيق حديدية فى حالة وجود نسبة أملاح عالية ..

٤) السعر الإجمالى ... وليس بالضرورة أن أرخص الأسعار للخوازيق هو أرخص سعر للمتر الطولى من الخازوق ... يتدخل فى السعر عامل الوقت والخبرة وهكذا .

رابعاً : أنواع الخوازيق المستخدمة فى مصر :

(أ) الخوازيق المجهزة أو السابقة التجهيز :

وهى تصب خارج موقع الدق وقريباً من موقع العمل وعادة تتكون من خرسانة كثيفة بنسبة أسمنت ٣٥٠ كجم / م^3 من الخلطة ... كما أن تسليح الخازوق يجب أن يكون بكامل طوله على أن يكون الطرف السفلى للخازوق مدبب وبكعب حديد لحمايته من الكسر أثناء اختراق التربة ... وكانات الخازوق لا تقل عن ٥Φ٨مم / م ‾ وتزداد فى بداية ونهاية الخازوق إلى ٧Φ١٠مم / م ‾ أو ١٠Φ٨مم / م ‾ على الأقل وذلك لمقاومة زيادة الإجهادات فى هذه المناطق أثناء الدق وللتغلب على مقاومة الإجهادات الناتجة عن الاختراق . هذه الأنواع الجاهزة من الخوازيق من مميزاتها الآتى :

١) دقها لأطوال معروفة سابقة ومحددة – دقها لأعماق كبيرة – اتزانها لبعض أنواع التربة مثل الطين اللين soft أو الطمى silit .

٢) يمكن اختبار مواد الخازوق قبل الدق .

٣) يمكن إعادة دقه إذا تأثر بانتفاخ (انتفاش) التربة .

٤) لا تتأثر عمليات الإنشاء بواسطة المياه .

٥) يزيد من الكثافة النسبية Relative density للطبقات الحبيبية .

٦) يمكن نقله بسهولة فوق سطح المياه للأعمال البحرية .

أما عن عيوبه تتلخص فى الآتى :

الصعاب التى تنشأ عن انتفاخ التربة – صعوبة تغيير الأطوال خاصة بعد عمليات الدق – احتمال انهياره (كسره) نتيجة شدة عمليات الدق – لا يمكن استخدام أقطار كبيرة منه وأطوال هذه الخوازيق الواحد تصل لحوالى ٢٧ متر والحمل للخازوق الواحد يصل إلى حوالى ١٠٠٠ك نيوتن (حوالى ١٠٠ طن) كما فى الشكل الجانبى :

(ب) الخوازيق التى تصب فى مكانها :

١) الخوازيق الخرسانية المصبوبة فى مكانها تعمل بواسطة ثقب الأرض بالعمق والقطر المطلوبين ثم ملىء هذا الثقب بالخرسانة العادية أو المسلحة .

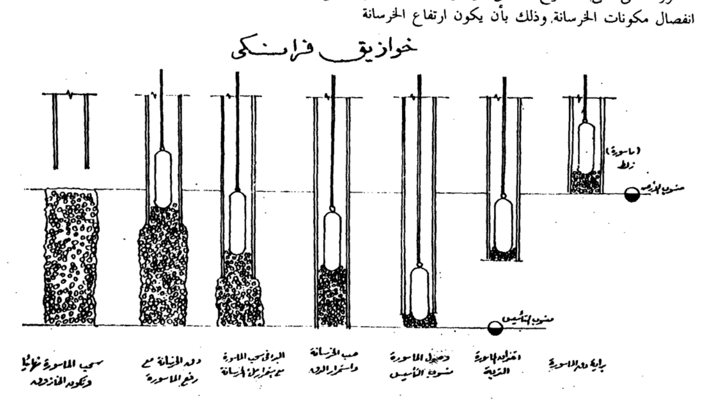
٢) يمكن عمل الخوازيق باستخدام مواسير من الصلب (يتراوح قطرها من ٢٠ – ٦٥ سم) مسدودة من أسفل بكعب وتدق بواسطة المتدالة تزن حوالى ٢,٠٠ طن ويتم دق هذه المواسير حتى المنسوب التصميمى المطلوب وتسمى هذه الخوازيق بخوازيق الإزاحة **displacement** ثم تملأ الماسورة بواسطة الخرسانة ثم تشد إلى أعلى حتى تستخرج من التربة وتستعمل فى دق خوازيق أخرى وينتج عن ذلك ترك عامود خرسانى فى الأرض يقاوم الأحمال الواقعة عليه بواسطة احتكاكه بالتربة بسطحه الخارجى وبالارتكاز عند كعبه ويراعى عدم الاستمرار فى دق الماسورة عند انفصال الكعب أو دخول التربة أو المياه الأرضية أو اختلاطها بالخرسانة .

٣) يمكن تجهيز خوازيق بوساطة إنزال الماسورة واستخراج التربة من داخلها بالبريمة **Auger** أو البلف **vlave** وفى هذه الحالة تنعدم تماماً الإزاحة الخارجية **Non - displacement** ويشغل الخازوق الفراغ الناتج عن التربة المستخدمة وبعد أن تصل الماسورة إلى العمق المطلوب يتم ملؤها بالخرسانة وتشد الماسورة لأعلى حتى تستخرج تماماً من التربة ويجب مراعاة عدم انفصال مكونات الخرسانة وذلك بأن يكون ارتفاع الخرسانة الداخلى داخل الماسورة كافياً لمنع دخول التربة والمياه الأرضية .

أنواع الخوازيق التى تصب فى مكانها :

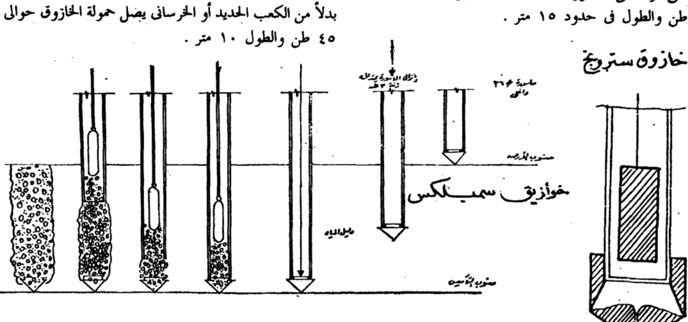
(أ) خوازيق تعتمد على عمليات الدق :

١) خازوق فرانكى **Franki pile** : النوع الخفيف منه قطر الماسورة ٤٣ سم ويصل الحمل المعتاد له حوالى ٥٠ طن والنوع الثقيل منه قطر الماسورة ٥٠ سم ويصل الحمل المعتاد له حوالى ٨٠ طن وعادة يتراوح الطول لهذه الخوازيق من ١٠ – ١٣,٥ متر فقط وهذا النوع عبارة عن ماسورة من الحديد سمكها ٢ سم والجزء الأسفل فيها بارتفاع ١,٥ م سمك ٣,٥ سم وتوضع عمودية على الأرض وتملأ الخرسانة بواسطة المندالة وتعتبر هذه الخرسانة كعب للخازوق – يتولد بين الخرسانة والماسورة قوة تماسك تساعد على سحب الماسورة عند دق الخرسانة إلى داخل الأرض – تستمر عملية الدق حتى تصل الماسورة إلى المنسوب السابق تحديده عند عمل الجسات – عند الوصول للمنسوب المطلوب يتم ربط الماسورة بحبلين من الصلب ويتم صب خرسانة داخل الماسورة مكونة قاعدة والتى تتوقف على نوع التربة المحيطة فمثلاً فى التربة الطينية يتكون قاعدة وفى التربة الرملية يصعب تكون هذه القاعدة – يتم رفع الماسورة إلى أعلى لمسافة ٥٠ سم وتدق الخرسانة تملأ فراغ الماسورة وتتكرر هذه العملية حتى يتم عمل الخازوق المطلوب كما فى الشكل التالى :



٢) خازوق سترونج Strong pile : مثل خازوق فرانكي ويختلف في نوع الكعب فيتم سد الماسورة بواسطة كعب من الخرسانة المسلحة ويترك الكعب الخرساني من الطارة الصلب التي تزن على الماسورة . أحمال هذا الخازوق بين ٤٠ – ٥٠ طن والطول في حدود ١٥ متر .

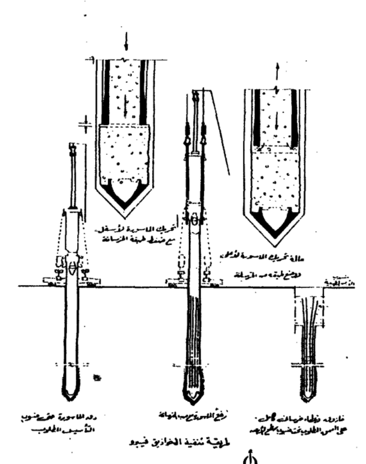
٣) خازوق سمبلكس Simplex : عبارة عن ماسورة قطرها الخارجي ٤٦ سم ومجهزة من أسفل بكعب مخروطي الشكل يتصل نصفه بجوانب الماسورة بواسطة مفصلات تسهل انفراج النصفين عن بعضهما ويقوم هذا المخروط بوظيفة كعب الخازوق بدلاً من الكعب الحديد أو الخرساني يصل حمولة الخازوق حوالى ٤٥ طن والطول ١٠ متر .



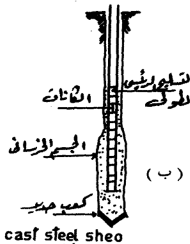
٤) خازوق مونوبلكس Monoplex pile : مثل خازوق فرانكي ولكن الكعب زهر وقطر الماسورة حوالى ٤٠ سم وأقصى طول لها ٢٠م ويتراوح الحمل من ٤٠ – ٥٠ طن .

٥) خازوق دوبلكس Duplex pile : وهو عبارة عن خازوق مونوبلكس مع زيادة قطره بواسطة دق خازوق حديد بكعب وتدق الماسورة بالكعب داخل الخازوق الأصلي (الذى تكون الخرسانة به لم يتم شكها ويتم إزاحة الخرسانة الأصلية (الطازجة) وبالتالي يزداد القطر ويصل قطر الخازوق المونوبلكس ٥٦ سم ويمكن تكرار العملية مرة أخرى ليصل القطر ٣ مرات ويسمى « تريبلكس » .

٦) خازوق فيبرو Vibro pile : ومن النوع العادى ويستخدم لذلك ماسورة قطرها ٤٢ سم كما يستخدم كعب حديد زهر والحمل لهذه الخوازيق يصل إلى ٦٠ طن ويصل الطول من ١٠ – ٢٠ متر كما فى الشكل التالى (أ) والنوع الثانى هو المنبعج Expanded ويستخدم نفس الماسورة السابقة وعند وصولها للمنسوب المطلوب يتم صب الخرسانة لمسافة حوالى ٣ – ٤ متر وترفع الماسورة ويتم دق الخرسانة فتزيح الخرسانة التربة جانباً ويتسع الخازوق وينبعج من أسفل وتتوقف الأحمال على نوع طبقات الأرض الموجودة وتصل إلى حوالى ٧٥ طن والأطوال حوالى ٢٠ متراً كما فى الشكل التالى (ب)



(أ)



cast steel sheo
خازوق فيبرو المنبع

٧) خوازيق فرانكى علام التى تسلح بطولها : سبق أن تكلمنا عن خازوق فرانكى الثقيل والخفيف والذى يعمل بمندالة داخلة ، ولكن شركه فرانكى علام استجلبت ماكينة لدق خوازيق بطول من ١٧ : ٢٠م وتعمل لها بصلة من أسفل وتسلح بكامل طولها وتخضع للمواصفات والمعادلات الآتية :

$$س = \frac{ك^{٢} \times ع \times ن}{(ك + و) \times م \times ح}$$

حيث إن س = مقدار الهبوط بالمليمتر .
ك = وزن المندالة بالطن .
ع = ارتفاع سقوط المندالة بالمليمتر = ١٢٥٠م.
ن = عدد الدقات (١٠ دقات) .
و = وزن الماسورة بالطن .
م = معامل = ٨ .
ح = حمولة الخازوق بالطن (١٢٥) طن .

أقصى حمل ١٢٥ طن — قطر ٥٢ سم تسليح بكامل طول الخازوق ١٩Φ٥م وكانات ٦م ملحومة كهربائياً بخطوة ٢٠ سم مع استعمال هزاز خارجى بدلاً من المندالة الصغيرة .

ولتكوين الكور (البصلة) يوضع فى الماسورة خرسانة مفلفلة ثم يدق عليها بالمندالة مع رفع الماسورة قليلاً والدق والملء بالخرسانة .. وهكذا حتى تتكون البصلة أسفل الخازوق .

ب) خوازيق لا تعتمد على عمليات الدق :

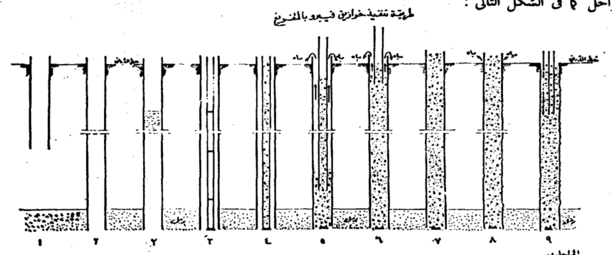
تعتمد أساساً هذه الخوازيق على إنزال ماسورة ذات قطر محدد داخل الأرض ثم استخراج التربة من داخل الماسورة أثناء عملية تنزيلها حتى الوصول إلى الطول المطلوب ثم يتم ملء الماسورة بالخرسانة العادية أو المسلحة وبعد ذلك يتم رفعها وفى حالة استعمال المواسير المفتوحة من أسفل يجب مراعاه اختراق الطبقات المفككة من الطمى أو الرمل السايب (loose) وذلك لحدوث فوران (Boiling) ويجب تلافى ذلك .

١) خازوق بينوتو **Benoto pile** : يتكون هذا الخازوق من مواسير حديد ذات قطر ٨٠ – ١٢٥ سم يتكون من ألواح من الصلب ذات سمك مناسب ملفوفة وملحومة ببعضها ويتم إنزال هذه المواسير بواسطة ماكينات تقوم بإعطاء حركة دائرية للماسورة فى اتجاه عقرب الساعة ثم حركة أخرى عكسها مع الضغط على الماسورة لإنزالها واستخراج التربة التى بداخلها بواسطة أجهزة ومعدات خاصة تسمى المطرقة الخاطفة **Hammer grid** وهى مصممة ليمكنها اختراق طبقات صلبة من التربة مثل الحجر الرملى أو الجيرى وخلافه وتصل أحمال هذا الخازوق بقطر ٨٠ سم حوالى ١٤٠ طن والأقطار ١٢٥ سم حوالى ٢٢٥ طن . كما فى الشكل التالى :

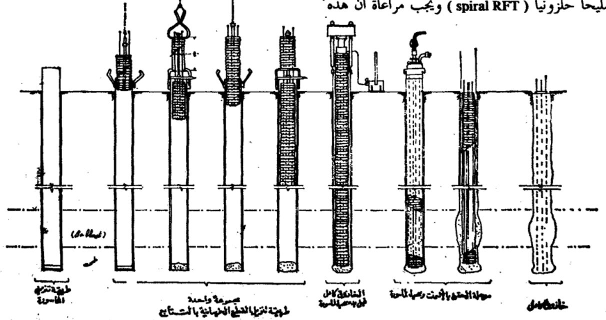
شكل يبين ماكينة إنتاج خوازيق التفريغ

الخوازيق بالتفريغ :

٢) خازوق فيبرو بالتفريغ : يشابه خازوق بنتو ولكن يتم على تسعة مراحل كما فى الشكل التالى :



٣) خازوق بريست كور (Prest core pile) : يستخدم هذا الخازوق فى المساحات الضيقة والتى لا تتسع لماكينات دق الخوازيق كما أنه يستخدم أيضاً فى حالة وجود مبانى مجاورة تتعرض للتصدع نتيجة للاهتزازات المتولدة بالتربة من عمليات الدق ... أو فى حالة عدد خوازيق ضئيلة بالنسبة للمساحة عادة تستخدم الماكينات اليدوية المستعملة فى الجسات (البريمة أو البلف) ويتم ذلك بانزال ماسورة بقطر ٣٠ – ٦٥ سم ويفرغ بداخلها وذلك حتى المنسوب المطلوب مع إضافة أطوال للماسورة كلما تطلب ذلك – يتم تجهيز قطع أسطوانية من الخرسانة المسلحة قطرها الخارجى أقل من القطر الداخلى للماسورة بحوالى ١ سم ويبلغ ارتفاع القطعة الخرسانية ٥٠ سم وتسلح تسليحاً حلزونياً (spiral RFT) ويجب مراعاة أن هذه القطع الخرسانية مجهزة بخرسانة كثيفة عالية المقاومة بالإضافة إلى وجود ثقوب بها لوضع وتثبيت حديد التسليح الرأسى مع وجود ثقب داخلى للماسورة بقطر حوالى ١٠ سم تستخدم للحقن بالأسمنت بعد إنزال القطع الخرسانية داخل الخازوق . ويتم تركيب هذه الخرسانة القطع على قاعدة من الصلب تترك بالقاع وبعد وصول الخازوق للمنسوب المطلوب يتم حقنه بالأسمنت لتكوين الخازوق الأصلى ثم يتم رفع الماسورة الخارجية أثناء عملية الحقن – يعتبر هذا النوع وسط بين الخازوق الخرسانى السابق تجهيزه والخازوق الخرسانى المصبوب فى الموقع ويسلح طبقاً لمساحة مقطعه وتحدد حمولته حسب قطره وتصل إلى ١٥٠ طن لخازوق قطره ٦٥ سم .



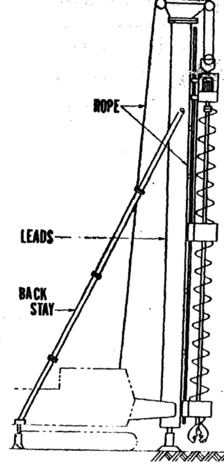
طريقة تنفيذ خوازيق البرستكور

٤) **خوازيق التخريم** : خوازيق التخريم قطر ٦٠ سم وحمل التشغيل ١٢٥ طن ويعمل بخرسانة الرمل والأسمنت فقط مع إضافة مادة تعطى لدونه عالية للخرسانة . وطريقة التخريم تتم كالآتى :

أ) يحدد منسوب ارتكاز الخازوق بجهاز الاختراق .

ب) يتم التخريم بإنزال ماسورة بطول حوالى ١,٥م ويتم إنزال البريمة بداخلها إلى العمق المطلوب .

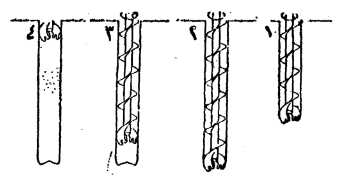
جـ) وأثناء رفع البريمة يتم ضخ مونة الرمل والأسمنت فى الخرم الذى يكون ماسورة بداخل البريمة وكذلك يضاف مواد كيماوية لزيادة لدونة الرمل والأسمنت وتحديد الكميات من واقع التجارب على نوعية الرمل المستعمل فى جسم الخازوق . وهناك عدة أنواع من المواد الكيماوية ضمنها Retarder or melament انتاج شركة هوكست . بإضافة ١ كجم من احدى المادتين لكل ١٠٠ كجم أسمنت لتعطى جهداً حوالى ٢٨٠ كجم / سم² ويجب التأكد من ضغط الرمل والأسمنت داخل الحفر أثناء رفع البريمة للتأكد من عدم وجود فراغات وذلك بتوقف مؤشر ضغط الرمل والأسمنت . وقد عملت تجارب تحميل بحوالى مرة ونصف حمل التشغيل وظهر أن الهبوط النهائى لا يتجاوز ٢م بما فى ذلك المرونة فى جسم الخازوق . ويكون الهبوط النهائى بعد رفع الحمل حوالى $\frac{١}{٢}$ مم ويمكن الوصول إلى عمق حوالى ٢٠ متر وكذا يمكن الوصول إلى عمق ٢٥ متر بعمل وصلات إضافية .



الماكينة التى تقوم بالتخريم مركب فى أعلاها جهاز ضخ الاسمنت والرمل


الجهاز العلوى الذى يملأ بالأسمنت والرمل والمادة التى تعطى اللدونة وتقوم بضخ المونة فى الماسورة التى بداخل البريمـه

خوازيق التخريم :



١ ـ البريمة تخترق الارض
٢ ـ البريمة وصلت الارض السليمة التى سيرتكز عليها الخازوق
٣ ـ خروج البريمة مع ضخ الأسمنت والرمل والمادة اللدنة ليملا الخازوق
٤ ـ امتلا الخازوق بالمونة ٠

٥) **خوازيق ويرس Wirth** : خوازيق ويرس تنتج من تشغيل ماكينة اهتزاز لها ماسورة بها سنون خارجية حلزونية وفى نهاية الماسورة من أسفل سدادة تمنع دخول الماء بالماسورة أثناء الحفر بالماكينة جهاز يعمل على دوران هذه الماسورة مع الضغط

عليها لأسفل فتخترق مكان الخازوق المراد صبه إلى الطبقة الرملية التى حددت عليها ارتكاز الخازوق بواسطة جسة سابقة بأى طريقة أو جهاز الاختراق المخروطى .

ويشتمل صب الخازوق على أربعة مراحل :

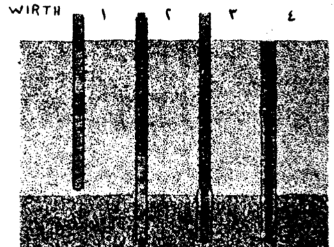
أ) اختراق الماسورة حتى طبقة الرمل التى سيرتكز عليها الخازوق .

ب) إنزال التسليح اللازم للخازوق ويحدد مقدار هذا التسليح بالتصميم حسب طبيعة التربة والأحمال التى سيتحملها الخازوق .

جـ) يتم إنزال الخرسانة داخل الماسورة التى سبق إنزال الحديد بها مع دفع السدادة إلى أعلى بحيث عند رفع الماسورة تصبح السدادة منفصلة عن الماسورة وذلك يتأتى بثقل الخرسانة التى صبت داخل الماسورة ، ويجب البدء فى سحب الماسورة بعد صب حوالى ٣م / ط . وبالماسورة يعمل جهاز الاهتزاز بالماكينة على هز الخرسانة داخل الماسورة ثم يبدأ فى سحب الماسورة .

د) يتم سحب الماسورة مع الصب بالتوالى مع تشغيل جهاز الاهتزاز كما فى الشكل التالى :

المراحل الأربعة التى يتم عن طريقها انزال الماسورة حتى نهاية صب خازوقه



١ـ اختراق الماسورة حتى طبقة التأسيس .
٢ـ انزال التسليح اللازم للخازوق .
٣ـ يتم صب الخرسانة داخل الخازوق حتى ٣ م/ط بقاع الخازوق .
٤ـ يتم الصب تدريجياً ورفع الماسورة نهائياً عند استلام الخازوق .

شكل يبين نزول الماسورة داخل التربة

٦) **خوازيق ستراوس (straus pile)** : يعتبر هذا الخازوق من الأنواع الأولية وأقلها تكلفة ولا يحتاج لأى ماكينات فى تنفيذه .. تتروح أقطار هذه الخوازيق بين ٢٠ سم إلى ٣٠ سم . يتم التنفيذ بعمل ثقب رأسى بعمق ١,٠٠ متر فى التربة ببريمة قطرها أكبر من قطر الخازوق المطلوب ثم تثبت ماسورة بطول ٢,٥ متر فى الثقب .. ويتم إنزال الماسورة فى التربة بواسطة تفريغ التربة داخل الماسورة ببريمة قطرها أصغر من قطر الماسورة – تركب وصلات من المواسير كلما احتاج الطول إلى ذلك .. وعند الوصول إلى المنسوب المطلوب يتم صب الخرسانة داخل الماسورة ... وأثناء الصب يتم رفع الماسورة إلى أعلى ويتم دك الخرسانة جيداً بمندالة وزن ٥٠ كجم يصل طول الخازوق من هذه الأنواع لحوالى ١٠ متر ويتراوح حمل الخازوق من ١٠ – ١٨ طن هذا النوع من الخوازيق يحتاج إلى عناية خاصة لضبط رأسية الخازوق .

٧) **خازوق كومبريسول Compressol pile** : لا تستخدم مواسير فى هذا النوع .. ويتم استخدام مخروط من الحديد قطره ٥٠ سم وارتفاعه ١,٠٠ متر ويتم رفع هذا المخروط بالماكينة إلى أعلى ثم إسقاطه حراً فى الأرض فينتج عن ذلك فجوة فى الأرض بشكل المخروط تكرر العملية عدة مرات حتى يصل المخروط إلى العمق المطلوب والذى لا يزيد عن ٦,٠٠م تقريباً .. ويستبدل المخروط بعد ذلك بنصف كرة قطرها ٥٠ سم وتصب الخرسانة على فترات دفعات داخل الفجوة ويتم عمل الخازوق . أحمال هذا الخازوق فى حدود ٢٠ طن ويتم تنفيذه فى الأرض الطينية المتماسكة . ويجب ملاحظة تأثير انضغاط التربة تحت منسوب الخازوق على المبانى المجاورة .

خامساً : الاشتراطات الفنية المطلوبة للخازوق :

١) يجب أن يكون الحمل المؤثر على الخازوق فى محوره .. وفى حالة وجود أكثر من خازوق يراعى أن يكون تأثير الحمل الكلى فى مركز ثقل المجوعة .

٢) فى حالة عدم مركزية الحمل تتخذ لها الاحتياطات اللازمة لذلك عند تصميم الوسائد .

٣) يجب ألا يزيد الجهد فى قطاع الخازوق عن جهد التشغيل المسموح به لمادة الخازوق سواء كان الخازوق خرسانة أو حديد .. إلخ .

٤) تتخذ كافة الاحتياطات اللازمة لحماية الخوازيق مما قد يوجد بالتربة من أملاح وكبريتات فى المياه الجوفية عن ٣٠٠ مليجرام / لتر يراعى استخدام أسمنت مقاوم للكبريتات .

٥) يجب أن تكون الخرسانة المستخدمة بكثافة عالية وقوة اجهادات مرتفعة ونفاذية ضئيلة والركام المستخدم سيليسى

وخالى من الشوائب والجير والمواد الغريبة ونسبة الماء إلى الأسمنت أقل ما يمكن وأن تقل نسبة الأسمنت عن ٣٥٠ كجم / م٢ خرسانة .

٦) عند حساب قطاع الخازوق يستبعد الجزء الخارجى الملاصق للتربة وذلك بتقليل القطر فى حدود ٥ - ٦ سم وكذلك عند حساب الإجهادات فى جسم الخازوق .

٧) المسافة بين محاور خوازيق الاحتكاك لا تقل عن ثلاثة أمثال قطر الخازوق ولا تقل عن ٢,٥ مرة قطر الخازوق فى حالة خوازيق الارتكاز ولا تقل عن ٢ مرة قطر البريمة فى حالة خوازيق البريمة .

٨) يجب أن يمتد حديد الخوازيق أو تسليح الرووس داخل الوسائد بطول لا يقل عن ٥٠ مرة قطر السيخ على الأقل .

٩) يتم ربط الوسائد بواسطة شدادات (ميدات) جاسئة .

١٠) يجب ألا يقل تسليح الخازوق الخرسانى عن الآتى :

ـــ الخوازيق سابقة الصب ١,٢٥٪ إذا كان طول الخازوق حتى ٣٠ مرة قطر الخازوق .

ـــ ١,٥٪ إذا كان طول الخازوق ٣٠ - ٤٠ مرة قطر الخازوق .

ـــ ٢٪ إذا كان طول الخازوق أكبر من ٤٠ مرة قطر الخازوق .

وفى حالة وصل الحديد يراعى اتخاذ كافة الاشتراطات الفنية لذلك .

١١) يجب ألا يقل التسليح العرضى (الكانات) عن ٠,٢٥٪ من حجم الخازوق ولا تزيد المسافة بين الكانات عن أصغر قيمة لكل من (نصف قطر الخازوق أو ١٥ مرة قطر السيخ أو ٢٠سم) .

١٢) تزداد الكانات فى المتر الأول والمتر الأخير من الخازوق إلى نسبة ٠,٦٪ من حجم الخازوق . يجب ألا يقل الغطاء الخرسانى عن ٤ سم وفى الأراضى التى بها نسبة أملاح عالية يصل الغطاء إلى ٦ سم .

١٣) يفضل أن يزود طرف الخازوق بكعب معدنى يثبت فى الخرسانة .

١٤) يراعى أن يزداد طول الخازوق لمسافة ٥٠ مرة قطر سيخ التسليح أو ٦٠ سم أيهما أكبر عن الطول المحسوب وذلك تعويضاً للجزء العلوى الذى يتم تكسيره بفعل الدق .

١٥) يجب ألا يقل تسليح الجزء العلوى من الخوازيق التى تصب مكانها عن ٤ϕ١٦مم وبطول لا يقل عن ٣,٠٠م للسيخ .

١٦) يتم ربط حديد الخوازيق بالوسائد (caps) .

١٧) تحفظ الخوازيق مبللة لمدة ٧ أيام ولا يتم دق الخازوق الجاهز قبل مضى ٢٨ يوماً على تاريخ الصب .

١٨) وفى حالة تنفيذ وصلات الخوازيق يتم الكشف عن حديد التسليح بطول لا يقل عن ٥٠ مرة قطر السيخ وتزداد الكانات فى هذا الجزء إلى ضعف العدد المطلوب ويراعى الالتزام بباقى الاشتراطات .

الخوازيق الخشبية :

يندر استعمال الخوازيق الخشبية كأساسات للمبانى فى مصر حالياً ولكن قد تستخدم فى أعمال الدمسات أو كدعامات لحماية المنشآت المائية . وعادة تصنع فى قطاعات مربعة أو مستديرة وقد يكون القطاع منتظماً أو مسلوباً .

ويجب أن يكون جسم الخازوق خالياً من جميع العيوب التى يمكن أن تؤثر على متانة الخازوق وتحمله . ويتوقف عمر الخازوق على الوسط الذى يخترقه ، ففى حالة اختراقه للتربة يكون كامل طول الخازوق تحت منسوب المياه العذبة فإنه يعيش لسنين طويلة ، أما فى حالة امتداد الخازوق فوق سطح المياه فإنه يكون عرضة للتآكل ويجب معالجته حتى لا يقل عمر المنشأ الذى يحمله أو يحميه .

وفى حالة استعمال الخوازيق فى المنشآت فإن جسم الخازوق يكون معرضاً للتلف من جراء تعرضه لهجوم الأحياء المائية أو الحريق ولذا يجب حمايته بالمعالجة المناسبة بالدهان أو الحقن . فإذا تمت المعالجة جيداً فإن عمر الخازوق يزيد إلى عشرات السنين . ويجب فحص الخوازيق الخشبية عند اختيارها وقبل معالجتها واستبعاد الخوازيق التى يظهر بها عيوب . كما يفضل ألا تقل نسبة الرطوبة بها عن ٢٠٪ وألا تزيد عن ٥٠٪ وفى حالة صعوبة الدق فى الأراضى الصلبة فيمكن عمل حفر مسبقة لتسهيل عملية الدق . ولا يجوز استعمال الخوازيق الخشبية تحت منشآت تنبعث منها حرارة شديدة مثل الأفران حيث إن عمر الخوازيق الخشبية حساس للحرارة .

ويراعى فى تنفيذ الخوازيق الخشبية ما يلى :

١) أن يتراوح أبعاد قطاعاتها من ١٥٠ ملليمتر إلى ٥٠٠ ملليمتر (قطر الدائرة أو الضلع للمربع) وقد يصل طول الخازوق منها إلى ٢٠ متراً . ويكون قطاعها منتظماً أو مسلوباً - إذا كانت الخوازيق دائرية المقطع وجب ألا يقل قطرها عن ١٥٠ ملليمتر عند أسفلها وعن ٢٨٠ ملليمتر على بعد ٦٠٠ ملليمتر من قمتها بعد إزالة الأجزاء الزائدة منها بعد دقها . أما إذا كانت الخوازيق مربعة المقطع وجب ألا يقل مقطعها عن ٢٥٠ × ٢٥٠ ملليمتر فى كامل طولها .

٢) أن يكون خشب الخوازيق من النوع الجيد مثل الخشب العزيزى وبحيث يقاوم المؤثرات التى قد يتعرض لها .

٣) يجب ألا تتعدى الإجهادات فى مقطع الخازوق الناتجة عن الدق أو عن التحميل جهد التشغيل المسموح به لنوع الخشب المستعمل وفقاً للجدول التالى . مع مراعاة تأثير خاصية الانبعاج إن وجدت .

نوع الخشب المستعمل كخازوق	جهد التشغيل المسموح به فى الضغط فى اتجاه الألياف	
	ميجانيوتن / م^2	كجم / سم^2
العزيزى (pitch pine) أو ما يماثله	٤	(٤٠)
البلوط (oak) أو ما يماثله	٥,٤	(٥٤)

٤) تورد الخوازيق للموقع بأطوال تزيد على الأطوال المقدرة على ضوء الحساب وخوازيق التجربة بما لا يقل عن ٥٠٠ مليمتر . وبعد دقها تزال منها الأطوال الزائدة أو التى تكون قد تأثرت بالدق .

جدول يبين تأثير خاصية الانبعاج Buckling على الحمل المسموح به للخوازيق التى تعمل كأعمدة

نسبة الطول الفعال إلى أقل نصف قطر للحركة التدويمية Effective length / Redius of gyration (R)	معامل تخفيض الحمل المسموح به* نتيجة لانبعاج الخوازيق التى تعمل كأعمدة			
	خشب	خرسانة مسلحة	صلب ٣٧	صلب ٥٢
صفر	١,٠٠	—	١,٠٠	١,٠٠٠
١٠	٠,٩٨	—	٠,٩٥	٠,٩٤٠
٢٠	٠,٩٥	—	٠,٨٩	٠,٨٧٥
٣٠	٠,٩٣	—	٠,٨٤	٠,٨١٥
٤٠	٠,٨٩	—	٠,٧٨	٠,٧٥٠
٥٠	٠,٨٢	١,٠٠	٠,٧٣	٠,٦٨٥
٦٠	٠,٧٢	٠,٨٨	٠,٦٨	٠,٦٢٥
٧٠	٠,٦١	٠,٧٦	٠,٦٢	٠,٥٦٥
٨٠	٠,٥٠	٠,٦٧	٠,٥٧	٠,٥٠٠
٩٠	٠,٤١	٠,٥٩	٠,٥١	٠,٤٣٥
١٠٠	٠,٣٤	٠,٥٢	٠,٤٦	٠,٣٧٥
١١٠	٠,٢٨	—	٠,٤١	٠,٣٢٥
١٢٠	٠,٢٤	—	٠,٣٦	٠,٢٨٠
١٣٠	٠,٢١	—	٠,٣٢	٠,٢٤٥

* الحمل المسموح به = معامل الانبعاج × الجهد المسموح به باهمال الانبعاج × مساحة مقطع الخازوق .

I = عزم القصور الذاتى حول المحور الأطول (العزم الأصغر) لمقطع الخازوق .

A = مساحة مقطع الخازوق .

R = نصف قطر الحركة التدويمية = $\sqrt{\frac{I}{A}}$

٥) يجب أن يزود أسفل الخازوق بكعب مدبب من الحديد الصلب أو يوضع طوق من الصلب حول رأس الخازوق للمحافظة عليه أثناء الدق .

٦) يمكن زيادة طول الخازوق الخشبى باطوال أخرى من نفس المقطع على أن تعمل الوصلة من قطاعات معدنية أو خشبية بمقاسات مناسبة تتحمل الاجهادات التى تتعرض لها بأمان .

الخوازيق الحديدية :

تشمل الخوازيق الحديدية التى يكون قطاعها المنقول إليه الأحمال من الحديد فقط . مثال ذلك قطاع (H) – القطاع المستدير (ماسورة مفتوحة أو مسدودة من نهايتها السفلى) – القضبان – القطاع المربع أو المستطيل .. إلخ وتشتمل كذلك الخوازيق البريمية . ولهذه الخوازيق متانة إنشائية عالية ويمكن لحامها قبل أو أثناء التنفيذ والوصول بأطوالها إلى قيم كبيرة . ولكن من عيبها أنها تتعرض للصدأ ومن ثم التآكل خصوصاً الجزء من الخازوق الذى يلى الهامة مباشرة عندما تكون التربة مفككة غير متماسكة أو فى الجزء من التربة قرب الحد الفاصل بين الماء والهواء .

أ) خوازيق الصلب المدرفلة :

تكون قطاعات هذه الخوازيق إما مسحوبة rolled أو مركبة ومصنوعة خصيصاً لتستعمل كخوازيق حاملة (صندوقية) Box piles وغالباً ما يكون القطاع المستخدم على شكل (H) حيث يكون طول وسمك كل من الشفة flang والعصب wep متماثلين ويجب العناية أثناء نقل الخوازيق وتخزينها خصوصاً فى الخوازيق الطويلة ذات مسارات القطاع الصغير . وكذلك أثناء الدق فإن الخوازيق ذات القطاع يمكن أن تنثنى وتأخذ مسارات مغايرة لمسارها النظرى وعليه فإنه من الأحوط أن تقوى نهاية الخازوق السفلى تمنع كسرها وتغيير مسارها أثناء الدق فى الأرض شديدة الصلابة .

ب) خوازيق ذات قطاع مستديرة (ماسورة) :

يشمل هذا النوع الخوازيق ذات القطاع المستديرة وتصنع هذه الخوازيق بأقطار وتخانات متعددة ويمكن أن يصل قطر الماسورة فى الخازوق ذات القطاع المفتوح إلى ٣ متر وسمك جدارها إلى ٧٥ ملليمتر عندما تستعمل فى المنشآت المائية .

جـ) الخوازيق البريمية :

هى خوازيق ذات قطاع مستدير مزودة بحلزون من لوح صلب ملحوم أسفل الماسورة وتستخدم فى أنواع التربة الضعيفة والغرض من الحلزون هو زيادة مساحة التحميل بما يزيد من سعة تحميل الخازوق .

قدرة تحمل الخوازيق

أولاً : يتناول هذا الجزء الطرق المختلفة المستخدمة فى تقدير قدرة تحمل الخوازيق. وتتوقف قدرة تحمل الخوازيق على عاملين هما: الإجهادات المسموح بها داخل جسم الخازوق . ومقدار مقاومة التربة لحمل الخازوق . وعادة ما يكون العامل الأخير هو المحدد لقدرة تحمل الخوازيق . إلا أنه يجب التأكد من أن أقصى الإجهادات المتولدة بالخوازيق لا تتعدى الإجهادات المسموح بها بالنسبة لمادة الخازوق .

ومن استيفاء اشتراطات ضبط الجودة عند تجهيز وإنشاء الخوازيق . وفى حالة امتداد الخوازيق خارج مستوى سطح الأرض النهائى فإنه يجب تصميمها كأعمدة .

وعلى أساس استيفاء شرط متانة جسم الخازوق كغرض مبدئى فسينحصر تناول الموضوع فى هذا المقام فيما يلى على عامل مقاومة التربة لحمل الخازوق باعتباره العنصر المحدد لقدرة تحمل الخازوق . لذلك يمكن القول بأن قدرة تحمل الخوازيق تعتمد على طراز وشكل ومقاس الخازوق وعلى خواص التربة المحيطة والحاملة للخازوق . وكذلك تعرف قدرة التحمل القصوى على الخازوق عادة بأنها الحمل الذى تبلغ عنده مقاومة التربة للانهيار حدها الأقصى . وفى حالة زيادة الحمل عن هذا القدر تنهار التربة الحاملة للخازوق لتجاوز اجهادات القص المتولدة بقدرة التربة لمقاومتها وهو بما يعرف باسم انهيار القص العام . وحينئذ يخترق الخازوق التربة فيتغير عمقه أو اتجاهه أو كلاهما بمقادير ملحوظة . وقد تتغير أيضاً خواص التربة الحاملة للخازوق . ومن ثم يكتسب الخازوق صفات مغايرة لوضعه قبل الانهيار . ويختلف مقدار هبوط أو حركة الخازوق المناظرة لتولد القدرة القصوى من حالة إلى أخرى . وذلك لأنها تعتمد على طبيعة التربة وعلى مقياس الخازوق . وفى أعمال التنفيذ من الممكن اعتبار القدرة القصوى لتحمل الخازوق هى الحمل الذى يحدث هبوطاً فى الخازوق قدره ١٠٪ من قطر الخازوق . وذلك إن لم يتم تحديده بخاصية واضحة من منحنى (حمل – هبوط) الخازوق .

وقد يمكن حساب قدرة التحمل القصوى بصفة تقريبية بواسطة إحدى الصيغ الإستاتيكية والتى قد تعرف باسم الصيغ النظرية والتى تعتمد على بيانات خواص التربة وعلى الأخص معاملات قوى القص التى تحدد من التجارب المعملية أو الحقلية أو كليهما .

وكذلك قد يمكن حسابها (فى حالة خوازيق الدق) بإحدى الصيغ الديناميكية للخازوق كما قد يمكن تحديد قدرة التحمل القصوى للخازوق من نتائج تجارب الاختراق الإستاتيكية والديناميكية وباستخدام إحدى الصيغ الإستاتيكية فإن القيمة التقريبية المحسوبة للحمل الأقصى تعتمد دقتها على درجة الوثوق فى الصيغة المستخدمة وعلى الدقة فى بيانات خواص التربة الحاملة للخازوق . ولكن بالنسبة لموائمة القيمة المحسوبة لأى خازوق آخر فى الموقع فهذا يتوقف على مدى توافق أو اختلاف معاملات التربة الحاملة والمحيطة لهذا الخازوق مع المعاملات المستخدمة فى الحساب .

كذلك باستخدام إحدى الصيغ الديناميكية يمكن الحصول على تقدير تقريبي للحمل الأقصى بالموقع وتعتمد دقة القيم المتحصل عليها على درجة الوثوق فى الصيغة المستخدمة وعلى الدقة فى قياس البيانات الحقلية المستخدمة فى الحساب .

وفى حالة إجراء تجربة تحميل حتى الانهيار فإنها تعطى القدرة القصوى لتحمل الخازوق المختبر . ولإمكان تقدير تلك القدرة بالنسبة لباقى الخوازيق بالموقع فيلزم إما عمل دراسة تفصيلية دقيقة لكامل الموقع لبيان مدى تماثل أو اختلاف خواص التربة على امتداد الموقع .

واستخدام نتائج هذه الدراسة لاستنتاج قدرة التحمل لباقى الخوازيق . أما إجراء عدة تجارب تحميل على عدد كاف من الخوازيق تعطى كامل الموقع والاستعانة بإحدى الطرق الإحصائية فى تقدير التحمل للخوازيق الأخرى .

يجب تسجيل البيانات الحقلية الخاصة بتنفيذ جميع الخوازيق . فى حالة خوازيق الإزاحة ترصد باستمرار مقاومة الاختراق التى تصادفها الخوازيق أثناء إنزالها داخل الأرض . وفى حالة خوازيق التثقيب تلاحظ عينات التربة المستخرجة أثناء التثقيب مع مقارنتها بأبحاث التربة السابق إجراؤها للموقع . ويتم دراسة هذه البيانات الحقلية على ضوء تقارير أبحاث التربة التى تم بناء عليها تصميم الأساسات . كما يجب مقارنة هذه البيانات مع بعضها البعض وذلك للتأكد من تجانس تربة الموقع جميعه ومطابقته مع أبحاث التربة . وفى حالة ظهور تفاوت فى هذه البيانات يلزم إجراء مزيد من الدراسة على الجزء أو الأجزاء المتباينة الخصائص وإجراء تعديل على تصميم الأساسات إذا لزم الأمر بما يكفل تلاف الأخطار التى قد تحدث عن هذا التلوث .

وعادة يمكن للمختص – عن طريق عمل مقارنة بين نتائج تجارب التحميل مع بيانات عملية دق الخوازيق مع بيانات التربة – الوصول إلى تقدير مقبول لقدرة تحمل الخوازيق .

وفى حالة المنشآت العادية يتم عادة اختيار نوع الخوازيق وتحديد أطوالها الأولية لإعداد المقايسات التقديرية للتكاليف أثناء مرحلة التصميم بحساب قدرة تحمل الخوازيق من نتائج اختبارات خواص التربة للموقع وبتطبيق إحدى الصيغ النظرية الإستاتيكية .

وفى جميع أعمال تنفيذ خوازيق الدق تجرى أولاً اختبارات دق بالموقع لعدد مناسب يوزع على كافة الموقع . ثم تتقرر الحاجة لإجراء المزيد من الاختبارات الحقلية حسب الحالة . ففى حالة المشروعات الكبيرة التى لا تتوفر معلومات كافية عن سابقة أعمال حولها فيجب إجراء اختبارات تحميل على خوازيق اختبار قبل البدء فى التنفيذ . والتى يستخلص منها قدرة التحميل . أما فى حالة المشروعات الصغيرة التى تبين أبحاث التربة بها تماثلها مع الموقع المجاور لها فقد لا يستدعى الأمر إجراء اختبارات تحميل أولية على الخوازيق .

ثانياً : حساب قدرة تحمل الخازوق بالصيغ النظرية :

نظراً لأن هذه الصيغ النظرية تحتوى على معاملات يصعب تحديد قيمتها الحقيقية الفعلية بدقة كافية – كما سيتوضح فيما بعد – لهذا فإنه لا يجوز الاعتماد على نتائج هذه الصيغ وحدها ويتحتم التحقق من هذه النتائج باجراء تجارب تحميل فى الموقع على بعض الخوازيق .

وتعتمد جميع الصيغ النظرية على معادلة الحمل الأقصى الذى يتحمله الخازوق عند مستوى أسفل الهامات مضافاً إليه وزن الخازوق (P) بأقصى مقاومة تبديها التربة اتجاه انهيار الخازوق . وتشتمل هذه المقاومة كلاً من جهود القص الناشئة عن احتكاك أو التصاق التربة بالسطح الجانبى للخازوق (Q_f) وجهود الضغط الفعالة على أسفل قاعدة ارتكاز الخازوق (Q_b)

معادلة رقم (١)

$$Q_{ult} + p = Q_f + Q_b = fA_s + qA_b$$

حيث :

f = متوسط إجهاد الاحتكاك أو الالتصاق على وحدة المساحة الجانبية للخازوق (مساحة سطح جذع الخازوق) pile shaft وذلك فى حالة أقصى مقاومة لانهيار الخازوق .

A_s = مساحة سطح جذع الخازوق .

q = متوسط جهود الضغط على وحدة مساحة المسقط الأفقى لقاعدة الخازوق عند أقصى مقاومة لانهيار الخازوق .

A_b = مساحة المسقط الأفقى لقاعدة ارتكاز الخازوق .

وفى أغلب الحالات يستعاض عن وزن الخازوق (P) بالقيمة ($A_b \times P_o$)

حيث :

P_o = الإجهاد الناتج من وزن عمود التربة المقابل لحجم الخازوق عند مستوى نقطة ارتكاز الخازوق overburden pressure ويكون هذا التعويض مقبولاً فى كثير من الحالات إذا اعتبر أن متوسط وزن وحدة الحجوم لكل من الخازوق والتربة متساويان .

وبذلك تصبح المعادلة السابقة على النحو التالى .

معادلة رقم (٢)

$$Q_{ult} = fA_s + A_b (q - P_o)$$

وتمثل هذه المعادلة الصيغة الأساسية لحساب قدرة تحمل الخوازيق نظرياً .

ثالثاً : التربة الطينية الصرفة :

تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند ثانياً عدة صور منها فى حالة الخوازيق المستديرة المقطع الشكل التالى :

معادلة رقم (٣)

$$Q_{ult} = CN_c \pi R^2 + C_a.2 \pi RL$$

$$Q_{all} = \frac{Q_{ult}}{F.S}$$

حيث :

$F.S$ = معامل أمان يساوى ٣ فى حالة الأحمال الاعتيادية (الحمل الميت والحى) ٢,٥ فى حالة أخذ الأحمال غير المستديمة مثل ضغط الرياح فى الاعتبار ، ٢ فى حالة أخذ تأثير الزلازل أيضاً فى الاعتبار .

L = طول الخازوق .

R = نصف قطر الخازوق .

C = متوسط تماسك التربة حول الطرف السفلى للخازوق فى المسافة (d_1) .

C_a = متوسط التصاق التربة على سطح الخازوق .

N_c = معامل قدرة التحميل وقيمته عادة تساوى ٩ .

كذلك فى حالة خوازيق الشد .

شكل يبين قدرة تحمل الخازوق فى تربة طينية صرفة $(\phi = 0)$ كذلك فى حالة خوازيق الشد

معادلة رقم (٤)

$$T_{ult} = C_a.2 \pi RL + P$$

ويكون حمل الشد المسموح به :

معادلة رقم (٥)

$$T_{all} = \frac{C_a.2 \pi RL}{F.S} + P$$

حيث :

Fs = معامل أمان ويؤخذ يساوى (٣) .

P = وزن الخازوق .

T_{ult} = أقصى حمل سالب (حمل شد) يتحمله الخازوق .

والصيغة المذكورة عاليه تطبق بصرف النظر عن موضع مستوى الماء الأرضى لكن لا يجوز استخدامها فى حالة خوازيق الارتكاز فى طبقات طينية مشققة "Fissured clay strata" حيث يجب تعديل عمق الخازوق النظرى بإلغاء الأجزاء المعرضة للتشققات "Tension cracks & fissures"

يلاحظ أن القيمة القصوى لحمل خازوق الشد T_{ult} تتأثر بوزن كتلة التربة المحيطة بالخازوق التى تعمل ضد استخراجه من الأرض . كما أنه فى حالة وجود قوى شد متواصلة "Sustained pullout" فإن احتمال تحرك الخوازيق تدريجياً إلى أعلى قبل تولد الجهود القصوى للالتصاق بقليل من القيمة المسموح بها لحمل خازوق الشد T_{all} .

وعموماً يمكن تحديد قيمة كل من C و C_a من اختبارات تجرى على نماذج بالحجم الطبيعى للخوازيق ولكن عادة تقدر أو تستنتج قيمتها من الاختبارات المعملية على عينات من التربة أو الاختبارات الحقلية .

ويمكن استنتاج قيمة متوسط تماسك التربة « C » بواسطة اختبار الجس العميق باستخدام إحدى الأنواع المناسبة مثل مجس المخروط الهولندى أو المجس الإستاتيكى ..

وعموماً عند إجراء اختبارات الاختراق يجب أن تكون مصحوبة دائماً بعملية تثقيب مع استخلاص عينات من طبقات التربة لإمكان تحديد نوع التربة . ومن ثم تحليل نتائج اختبارات الاختراق على أساسها . ومن المفضل دائماً مراجعة قدرة التحمل القصوى المستنتجة بهذه الوسيلة بإجراء اختبارات تحميل على بعض الخوازيق للتأكد منها .

وفى حالة التربة الطينية ضعيفة التماسك وضعيفة التماسك جداً يفضل استخدام اختبار القص المروحى لتقدير قيمة التماسك C للتربة .

كما يجب مراعاة النقاط التالية عند تقدير قيمة جهود الالتصاق :

أ) نظراً لما تحدثه عملية دق الخوازيق من إعادة لتشكيل الهيكل البنائى للجزئيات المكونة للتربة الطينية فى المناطق الواقعة حول الخازوق فإن قيمة التلاصق C_a بين جذع الخازوق والتربة تقل تبعاً لذلك ويتوقف مقدار تأثيرها على مادة الخازوق ونوع التربة وعلى الفترة الزمنية عقب عملية دق الخوازيق . ففى التربة الطينية ضعيفة التماسك والتربة ذات الحساسية sensitive clays تقل قدرة الالتصاق . ثم تعود وتتزايد مع الوقت فى حالة الخوازيق الخشبية والخرسانية . أما مع الخوازيق الصلب فإن تزايدها يكون بمعدل أبطأ وبمقادير أقل . وفى التربة الطينية المتماسكة وشديدة التماسك فقد لا تتزايد C_a ثانية مع الوقت حتى فى بعض الأحوال التى تستعيد فيها التربة بعضاً من قوة تماسكها .

بالنسبة لخوازيق التثقيب التى تصب خرسانتها فى الموقع فى اتصال مباشر بالتربة وقد تمتص التربة جزءاً من مياه الخرسانة مما قد يقلل من قيمة جهود الالتصاق C_a الفعلية ويتوقف تأثيرها على عدة عوامل منها مقدار تشرب التربة للمياه أثناء عملية صب الخازوق . وعلى نوع نفسها . وعلى الفترة الزمنية التى مرت على إنشاء الخوازيق .

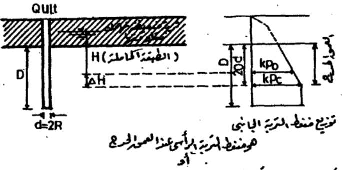
ب) فى حالة استخدام نفاثات المياه water jets لدفع الخوازيق بالتربة تهمل جهود الالتصاق تماماً حتى الأعماق التى روبتها نفاثات المياه .

جـ) فى حالة التربة العادية يجوز استخدام الجدول التالى لتقدير قيمة التصاق التربة وفى حالة خوازيق الإزاحة على ضوء قيمة تماسك التربة أما فى حالة خوازيق التثقيب فيمكن اعتبار قيمة C_a تتراوح بين ٠,٣ — ٠,٤ من متوسط قيمة C بشرط ألا تزيد قيمة C_a عن ١٠٠ كيلو نيوتن/ م٢ (١كجم/ سم٢) .

جدول يبين القيم المناسبة للالتصاق فى حالة خوازيق الإزاحة المنشأة فى تربة طينية صرفة

نوع الخازوق	قوام التربة	"C" التماسك * KN/cm^2	"C_a" إجهاد الالتصاق* الأقصى KN/cm^2
خشب أو خرسانة	ضعيف التماسك جداً	صفر — ١٢,٥	صفر — ١٢,٥
	ضعيف التماسك	١٢,٥ — ٢٥	١٢,٥ — ٢٤
	متوسط التماسك	٢٥ — ٥٠	٢٤ — ٣٧,٥
	متماسك	٥٠ — ١٠٠	٣٧,٥ — ٤٧,٥
	شديد التماسك	١٠٠ — ٢٠٠	٤٧,٥ — ٦٥
صلب	ضعيف التماسك جداً	صفر — ١٢,٥	صفر — ١٢,٥
	ضعيف التماسك	١٢,٥ — ٢٥	١٢,٥ — ٢٣
	متوسط التماسك	٢٥ — ٥٠	٢٣ — ٣٥
	متماسك	٥٠ — ١٠٠	٣٥ — ٣٦
	شديد التماسك	١٠٠ — ٢٠٠	٣٦ — ٣٧,٥

* القيم الصغرى والعليا لإجهاد الالتصاق "C_a" تناظر القيم الصغرى والعليا لإجهاد التماسك "C_a"



P_c هو ضغط التربة الرأسى عند العمق الحرج

K_{HT} أو $K_{HC} = K$

رابعاً : التربة غير متماسكة الحبيبات :

تأخذ الصيغة الأساسية المبينة بالبند ثانياً عدة صور منها فى حالة الخوازيق المستديرة المقطع كما فى الشكل السابق :

$$Q_{ult} = P_b N_q \pi R^2 + \sum_{H=O}^{H=D} K_{HC} P_o \tan \delta . 2 \pi R . \triangle H$$ معادلة رقم(٦)

كذلك فى حالة خوازيق الشد يكون :

$$T_{ult} = \sum_{H=O}^{H=D} K_{HT} P_o \tan \delta . 2 \pi R . \triangle H$$ معادلة رقم(٧)

حيث :

P_b = الضغط الرأسى الفعال عند منسوب نقطة ارتكاز الخازوق .
N_q = معامل قدرة تحمل التربة (كما فى الجدول التالى أ) .
K_{HT} ، K_{HC} = النسبة بين الضغوط الأفقية إلى الرأسية الفعالة على جوانب الخازوق فى حالتى الضغط والشد على الترتيب .
(كما فى الجدول التالى ب) .
P_o = الضغط الرأسى الفعال على الطول المدفون من الخازوق داخل التربة غير المتماسكة .
δ = زاوية الاحتكاك بين الخازوق والتربة (كما فى الجدول التالى جـ)
P = وزن الخازوق .

جدول (أ) يبين العلاقة بين معامل قدرة التحميل (N_q) وقيم زاوية الاحتكاك الداخلى (Φ) لتربة غير متماسكة الحبيبات

Φ بالدرجات قبل التنفيذ	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
خوازيق الإزاحة N_q	١٥	٣٠	٧٥	١٥٠
N_q خوازيق التثقيب الاعتيادية	٦	١٥	٣٧	٧٥

جدول (ب) يبين قيم المعاملات (K_{HC}) ، (K_{HT})

نوع الخازوق	K_{HC}	K_{HT}
خازوق ذو قطاع H	٠,٥ - ١,٠	٠,٣ - ٠,٥
خازوق إزاحة	١,٠ - ١,٥	٠,٦ - ١,٠
خازوق إزاحة متغير القطاع	١,٥ - ٢,٠	١,٠ - ١,٣
خازوق إزاحة باستخدام النفاثات	٠,٤ - ٠,٩	٠,٣ - ٠,٦
خازوق تثقيب اعتيادى (قطر أقل من ٠,٦٠ متر)	٠,٧	٠,٤

جدول (جـ) يبين قيم زاوية الاحتكاك بين التربة وجسم الخازوق (δ)

نوع الخازوق	δ درجة
حديد	٢٠
خرسانة	٣/٤ (Φ)
خشب	٣ (Φ)

✱ Φ زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة .

ولقد أثبتت نتائج الأبحاث وتجارب التحميل بالموقع أن كلاً من مقاومة ارتكاز الخازوق والاحتكاك الجانبى يزيدان مع زيادة الضغط الرأسى حتى عمق داخل الطبقة الحاملة يطلق عليه العمق الحرج كما فى الشكل السابق وتتوقف قيمة هذا العمق الحرج على الكثافة النسبية للتربة غير المتماسكة ومنسوب المياه الجوفية وتتراوح قيمته بين ١٠ إلى ٤٠ قطر الخازوق . وفى حالة زيادة طول الخازوق المدفون فى التربة غير المتماسكة عن العمق الحرج فإن الزيادة فى مقاومة الارتكاز تكون صغيرة جداً فى حين تتناسب الزيادة فى محصلة الاحتكاك الجانبى مع المساحة الجانبية للخازوق . ومن ثم فإنه عند حساب قدرة التحميل لخوازيق مدفونة داخل الطبقة الحاملة لمسافات كبيرة فإنه يجب ألا يتجاوز العمق الحرج أكثر من ٢٠ مثل قطر الخازوق عند تقدير أى من (p_o و p_b) كما هو موضح بالشكل السابق .

ونظراً لحساسية قيم المعامل (N_q) لقيمة زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة . والتى غالباً ما تتغير بالنقص أو بالزيادة وفقاً لنوع ونظام تنفيذ الخوازيق فى الطبيعة . فيجب الحرص الشديد عند اختيار القيمة التصميمية لهذه الزاوية .

ويراعى عند استخدام خوازيق الإزاحة مع استعمال النفاثات ألا تزيد القيمة التصميمية لزاوية الاحتكاك الداخلى عن (٢٨°) عند تحديد قيمة (N_q) .

ومن الجدير بالذكر أن طريقة التصميم المذكورة أعلاه يمكن استخدامها لخوازيق لا يزيد قطرها عن ٦٠٠ ملليمتر . أما الخوازيق ذات الأقطار الأكبر فإن تصميمها يعتمد أساساً على مقدار الهبوط والذى يمكن تقدير قيمته بحوالى نصف مقدار الهبوط الذى يحدث لقاعدة مكافئة ترتكز على سطح تربة مشابهة للتربة الموجودة عند قاعدة ارتكاز الخازوق .

خامساً : التربة المكونة من طبقات متباينة متعددة .

يكون الحمل الأقصى للخازوق مساوياً لمجموع جهود المقاومة التى ستبديها كل من الطبقات الحاملة للخازوق باستثناء الطبقات الضعيفة التى ستتضاغط وستتلاشى مقاومتها إزاء حركة جذع الخازوق أو سيتولد عنها إجهادات قص سالبة على جذع الخازوق .

وللحصول على معلومات إضافية فى حالة اختراق الخازوق لطبقات متباينة ويستقر طرفه فى طبقة ذات حبيبات غير متماسكة (granular)

سادساً: حساب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق:

تحسب قدرة تحمل الخازوق من بيانات الدق بإحدى الطرق التالية إما باستخدام الصيغ الديناميكية أو عن طريق تطبيق المعادلة الموجبة .

١ – الصيغ الديناميكية الخاصة بالخوازيق المنشأة بالدق:

هذه طريقة تقريبية لحساب قدرة تحمل الخوازيق المنشأة بالدق فى التربة غير متماسكة الحبيبات مثل الرمال والحصى والزلط . ولا يجوز الاعتماد عليها وحدها فى تحديد الحمل التصميمى للخوازيق دون مضاهاتها مع نتائج اختبارات تربة الموقع واختبارات التحميل أو الخبرة المحلية كما سبق وأوردنا من قبل .

أما فى حالة التربة متماسكة الحبيبات مثل الطينية أو الطباشيرية أو الجصية (✱ marl) أو فى حالة التربة الطمية المشبعة بالمياه فإنه لا يجوز استخدام هذه الطريقة معها . كذلك يجب الحذر عند تطبيق هذه الصيغ فى حالات التربة التى تظهر مقاومتها أقل لاختراق الخازوق عند إعادة الدق عليه بعد فترة توقف حوالى ساعتين .

✱ (marl) عبارة عن حجر جيرى فى مرحلة التكوين قابل للعجن والتشكيل .

ومعلوم أن جميع الصيغ الديناميكية على تعددها تعتمد على أساسين كلاهما تقريبى :

أ) أن قدرة التحمل الإستاتيكية القصوى للخازوق تساوى مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الخازوق .

ب) وأن مقاومة التربة الديناميكية لاختراق الخازوق يمكن حسابها من الطاقة الكيناماتيكية لمطرقة الدق ومقدار غز الخازوق فى التربة « Refusal » .

وتتنوع الصيغ الديناميكية للخوازيق وفقاً للفروض الموضوعة لكل منها فى تقدير نسبة الفاقد فى طاقة المطرقة التى تحدث الانفعالات المرنة فى التربة والخازوق والوسادة .. إلخ وموجات الاهتزاز بالخازوق وما إلى ذلك أبان عملية دق الخوازيق .

وقد أظهر التحليل الإحصائى أنه لا توجد صيغة ديناميكية تعطى نتائج موثوق بها تماماً وأنه فى أحسن ظروف التطبيق عندما تكون الخوازيق مرتكزة داخل طبقات من الرمال أو الزلط أو الحصى أو ما شاكل ذلك من الحبيبات غير المتماسكة فإن الاستخدام الأمثل للصيغ الديناميكية يعطى قيماً محسوبة تتراوح بين ٤٠٪ ، ١٣٠٪ من قدرة التحمل العظمى التى تعطيها اختبارات التحميل . ونورد فيما يلى إحدى الصيغ الشائع استخدامها فى مصر وهى صيغة هايلى Hiley formula وتعتبر الصيغة الأعم حيث تعتمد على القوانين التى تحكم الاصطدام بالأجسام المرنة ، وتستخدم هذه الصيغة فقط لخوازيق الدق المرتكزة فى الرمل أو الزلط أو الصخر ولا تستخدم فى الخوازيق المرتكزة فى التربة الطينية أو الطمية . كما لا يوصى باستخدام هذه الصيغة فى حالة خوازيق الإزاحة التى يتم دفعها بالدق على كعب الخازوق .

ويمكن تأكيد صلاحية استخدام صيغة هايلى لتكوين جيولوجى معين بإعادة الدق على خازوق الإزاحة بعد فترة سكون ومقارنة مقدار الهبوط المناظرة لدقة واحدة set قبل وبعد إعادة الدق . وعموماً فإذا كان الهبوط بعد إعادة الدق يختلف عنه فى مرحلة الدق الأولى فإن ذلك يعتبر مؤشراً لعدم الاطمئنان لاستعمال هذه الصيغة كما يلى :

أ) إذا كان الهبوط بعد إعادة الدق أكبر فيجب عدم استخدام هذه الصيغة تحت ظروف الموقع ونوع الخازوق المستخدم .

ب) إذا كان الهبوط بعد إعادة الدق استمر فإن هذه الصيغة تعطى قيماً قد تكون بالغة التحفظ ويعبر عن هذه الصيغة كما يلى : معادلة رقم (٨)

$$R_u = \frac{W.H.\eta}{S + \frac{C}{2}}$$

حيث :

R_u = أقصى مقاومة للدق بالكيلونيوتن .

w = وزن المطرقة ram وهى الجزء المتحرك من الشاكوك بالكيلونيوتن .

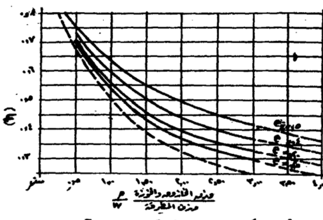
H = الارتفاع المؤثر لسقوط المطرقة بالملليمتر ويساوى = k × الارتفاع الحقيقى لسقوط المطرقة .

حيث :

K = معامل يعتمد على نوع الشاكوش كما فى الجدول التالى (أ) .

w.h = تمثل الطاقة المؤثرة عن الدقة الواحدة . وفى حالة حساب طاقة الدق بطريقة مغايرة لوزن وارتفاع المطرقة يجب تقديم الحسابات الدالة على قيمة الطاقة الفعلية للدقة .

η = كفاءة الدق وتعتمد على « e » والنسبة p/w كما فى الجدول التالى (ب) وكما فى الشكل التالى :



تمثيل بياني لكفاءة الدق علي (e) والنسبة ($\frac{P}{W}$)

حيث :

e = معامل الارتداد .... كما فى الجدول التالى (ب) .

P = وزن الخازوق بالإضافة إلى وزن الخوذة أو طربوش الدق والوسادة والحشو .

S = مقدار اختراق الخازوق لكل دقة بالملليمتر .

C = مجموع الانضغاط المؤقت $(C_c + C_p + C_q)$ بالملليمتر .

حيث :

C_c = الانضغاط المؤقت للوسادة والحشو أو رأس الخازوق الخشبى بالملليمتر(كما فى الشكل التالى أ)

C_p = الانضغاط المؤقت للخازوق بالملليمتر .

١) خازوق خرسانة ... كما فى الشكل التالى ب

٢) خازوق حديد ... كما فى الشكل التالى جـ .

٣) خازوق خشب ... كما فى الشكل التالى د .

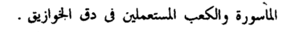
الانضغاط المؤقت للتربة بالملليمتر كما فى الشكل التالى هـ.

ويمكن حساب حمل التشغيل الأقصى للخازوق R_w كما يلى :

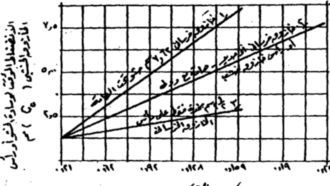
معادلة رقم ٩

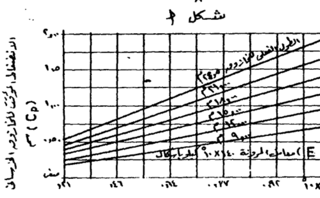
$$R_w = \frac{R_u}{F}$$

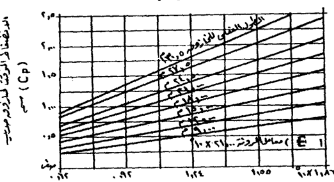
حيث « F » هو معامل الأمان ويؤخذ مساوياً (١,٥) فى الصخر . وفى حالة التربة الرملية والزلطية يتراوح (من ٢ إلى ٣) حسب الوثوق فى قيم معاملات الانضغاط C_p ، C_q من تجارب الاختراق بالموقع باستعمال نفس الشاكوش ونفس


المأسورة والكعب المستعملين فى دق الخوازيق .

كما تستخدم الصيغة المذكورة عاليه فى أغلب الأحيان فى تحديد مقاومة الاختراق (set = s) المطلوبة لحمل التشغيل .


شكل أ


شكل ب


شكل حـ

شكل د

شكل هـ

جدول (أ) يبين معامل الشاكوش (K)

K	نوع الشاكوش
٠,٨	شاكوش ساقط يعمل بالونش
,٩	شاكوش أحادى التشغيل يعمل بالهواء المضغوط أو البخار
١,٠	شاكوش ثنائى التشغيل يعمل بالهواء المضغوط أو بالبخار
١,٠	شاكوش ديزل (وزن المطرقة فقط)

جدول (ب) يبين قيم معامل الارتداد « e »

ثنائى التشغيل	أحادى التشغيل مطرقة ديزل أو مطرقة حرة	نوع غطاء رأس الخازوق أثناء الدق	نوع الخازوق
٠,٥	٠,٤	أ) خوذة helmet ذات وسادة dolly من البلاستيك أو خشب Green heart مع استخدام حشو على رأس الخازوق .	خازوق خرسانى سابق الصب

نوع الخازوق	نوع غطاء رأس الخازوق أثناء الدق	أحادى التشغيل مطرقة ديزل أو مطرقة حرة	ثنائى التشغيل
	ب) خوذة ذات وسادة من خشب صلد وحشو على رأس الخازوق .	٠,٢٥	٠,٤
	جـ) الدق مباشرة على الخازوق باستخدام وسادة فقط.	—	٠,٥
خازوق حديدى	أ) طربوش دق driving cap ذو وسادة dolly من البلاستيك أو خشب Green heart مع استخدام حشو على رأس الخازوق .	٠,٥	٠,٥
	ب) طربوش دق مع استخدام وسادة من خشب صلد وحشو على رأس الخازوق .	٠,٣	٠,٣
	جـ) الدق مباشرة على الخازوق باستخدام وسادة فقط .	—	٠,٥
خازوق خشبى	الدق مباشرة على الخازوق	٠,٢٥	٠,٤

الشكل التالى رسم توضيحى يبين مساحة مقطع الخازوق الكلية (A) والمساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق (a)

		خازوق صلب قطاع مشدوق	خازوق صلب قطاع (H)	خازوق خرسانة أو صلب (ماسورة)	خازوق خرسانة	خازوق خرسانة أو خشب
مساحة قطاع الخازوق الكلية overall area	A					
المساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق Actual area	a					

رسم توضيحى يبين مساحة مقطع الخازوق الكلية (A) والمساحة الفعلية لمقطع مادة الخازوق (a)

انظر الأشكال ا ، ب ، جـ ، ء ، هـ السابقة

٢ – المعادلة الموجية لتحليل بيانات دق الخوازيق :

تعتمد المعادلة الموجية على تحليل انتقال الموجات الطولية فى الخازوق أثناء الدق حيث يتم تقسيم كل من مجموعة الدق (الشاكوش – الهامة – الوسادة ... إلخ) والخازوق إلى مجموعة من الكتل الجاسئة والزنبركات متصلة مع بعضها على التوالى كما يتم عمل نموذج للتربة من الزنبركات Dash pots متصلة على التوازى مع بعضها وعلى التوالى مع جذع الخازوق . ويتم حل المعادلة التفاضلية من الدرجة الثانية عن طريق الحاسب الآلى باستخدام إحدى الطرق العددية مثل العناصر المحددة Finite elements أو الفروق المحددة Finite differences .

وتعتبر المعادلة الموجية أحسن الطرق الديناميكية ومن أدق الطرق المستخدمة فى تحليل خوازيق الدق حيث تستعمل فى تحديد القدرة القصوى لتحمل خوازيق الدق وكذلك فى تقدير قيمة اختراق خوازيق الدق للتربة أثناء التنفيذ set والناتج عن دقة واحدة للشاكوش وبالتالى فإنه عن طريق عدة قراءات للاختراق مع قدرة التحمل القصوى المناظرة يمكن رسم ما يسمى ببيانى قدرة التحمل . بالإضافة إلى ذلك فإن المعادلة الموجية تستخدم بنجاح وبدقة فى تقدير قيم الإجهادات المتولدة فى الأجزاء المختلفة من جسم الخازوق أثناء الدق وبالتالى يمكن تحديد قيم إجهادات الضغط والشد القصوى بدقة بما فى ذلك المكان الذى يتعرض لأقصى إجهادات بالإضافة إلى وقت حدوثها منذ الدق على رأس الخازوق .

كذلك فإن استخدام المعادلة الموجية يعطى القدرة على الحكم على تلاؤم مجموعة الدق مع الخازوق المنفذ فى نوعية معينة من التربة ، كما يمكن عن طريق هذه المجموعة الوصول

إلى قدرة التحمل المطلوبة أم أن ذلك يحتاج إلى تغير خواص معدات الدق .

وجدير بالذكر أنه يوجد أكثر من برنامج جاهز على الحاسب الآلى لاستخدام المعادلة الموجية يختلف برنامج إلى آخر فى إدخال تفاصيل أكثر بالنسبة لمعدات الدق مثلاً وكفاءة كل من مكوناتها . وفى الآونة الأخيرة فقد أمكن التوصل إلى نماذج محسنة للتربة للاستخدام فى المعادلة الموجية بحيث تكون أكثر تعبيراً عن الخواص الطبيعية والمحسوسة للتربة . حيث كان هذا من العيوب الأساسية الموجودة سابقاً .

سابعاً : استخدام نتائج التجارب الحقلية :

يرجع إلى الاشتراطات العامة للأساسات بدراسة الموقع الجزء الأول فيما يخص التجارب الحقلية من حيث الأجهزة المستخدمة وخطوات إجراء التجارب ومن هذه الطرق اختبار الاختراق القياسى واختبار المخروط الإستاتيكى واختبار مقياس الضغط وتعتبر جميع هذه الطرق تقريبية ويتحتم التحقق منها بإجراء تجارب تحميل فى الموقع على بعض الخوازيق .

١ – اختبار الاختراق القياسى : Standard Penetration Test (S.P.T) يمكن تقدير قدرة تحميل خازوق إزاحة (حمل التشغيل) مرتكز فى تربة غير متماسكة الحبيبات باستخدام نتائج تجربة الاختراق القياسى طبقاً للعلاقة التالية :

[معادلة رقم ١٠]

$$Q_{all} = 90\,N(\pi R^2) + \bar{N}\,(2\,\pi RL)\,..\,KN$$

حيث :

Q_{all} = حمل تشغيل الخازوق (كيلونيوتن) ويتضمن معامل أمان قدره (٢,٥) بالنسبة لمقاومة الاحتكاك .

N = القيمة المتوسطة لعدد الدقات فى تجربة الاختراق القياسى فى طبقة التربة المؤثرة على حمل الارتكاز والممتد لمسافة (2R) أسفل قاعدة الخازوق (6R) أعلا نقطة الارتكاز .

$\bar{N}$ = متوسط عدد الدقات فى تجربة الاختراق القياسى على طول الخازوق داخل الطبقة أو الطبقات غير المتماسكة الحبيبات .

R = نصف قطر الخازوق بالمتر .

L = طول اختراق الخازوق للطبقة غير متماسكة الحبيبات .

أما خوازيق الإزاحة المسلوبة ذات القطاع المتغير tapered piles بمعدل أكبر من ١٪ فيمكن زيادة الاحتكاك الجانبى إلى مرة ونصف المعطاة بالعلاقة السابقة .

وفى حالة خوازيق التثقيب العادية التى لا يستخدم فيها ضخ الخرسانة بكامل الطول أو الحقن بالمونة يمكن استخدام المعادلتين التاليتين لتقدير حمل التشغيل .

معادلة رقم (١١)

for $R \leq 0.25$ m.

$$Q_{all} = 45\,(\pi R^2) + (\bar{N}/3)\,(2\,\pi RL)\,..KN$$

معادلة رقم (١٢)

for $0.25 \leq R < 0.5$ m

$$Q_{all} = 90\,(Nd).\,(\pi R^2) + (2/3)\,(\bar{N}\,d).\,(2\,\pi RL)$$

حيث :

d = قطر الخازوق بالمتر .

ونظراً للأخطاء الكثيرة التى تصاحب إجراء اختبار الاختراق القياسى فى الطبيعة فيجب اعتبار القيم المحسوبة من هذه المعادلة قيماً تقديرية .

٢ – اختبار المخروط الإستاتيكى :

يتميز هذا الاختبار بعدم وجود العيوب المصاحبة لاختبار الاختراق القياسى إلا أنه يجب مراعاة أن نتائج المخروط الإستاتيكى لا تعتبر دقيقة فى حالة التربة الرملية الكثيفة جداً أو الطبقات الرملية المحتوية على نسبة من الزلط . ويمكن تقدير قدرة تحميل خازوق إزاحة مرتكز فى رمل سائب إلى كثيف أو طمى غير لدن باستخدام نتائج المخروط الإستاتيكى طبقاً للعلاقة التالية :

معادلة (١٣) :

$$Q_{all} = \frac{1}{3}\,q_c\,(\pi R^2) + \frac{1}{2}\,F_c\,(2\,\pi RL)\,..\,(KN)$$

حيث :

Q_{all} = حمل تشغيل الخازوق (كيلونيوتن) ويتضمن معامل أمان قدره ٣ بالنسبة لمقاومة ارتكاز الخازوق : وقدره ٢ بالنسبة لمقاومة الاحتكاك .

q_c = المقاومة المتوسطة لاختراق المخروط الإستاتيكى فى مسافة ٦ مرات قطر الخازوق أعلى منسوب الارتكاز و٣ مرات هذا القطر أسفل منسوب الارتكاز .

F_c = القيمة المتوسطة للاحتكاك الجانبى بطول الخازوق المقاسة باستخدام المخروط الإستاتيكى بحيث لا تزيد عن (٥٠ كيلونيوتن / م٢) (٠,٥ كجم / سم٢) فى حالة خوازيق التثقيب المنفذة بطريقة الحفر العادية يجب تقليل القيم المحسوبة من المعادلة المذكورة أعلاه إلى النصف .

٣ – اختبار مقياس الضغط Pressuremeter Test :

يمكن استخدام نتائج اختبار مقياس الضغط لتقدير قدرة تحميل الخوازيق . والطريقة المعطاة هنا يمكن استخدامها فى حالة إجراء التجربة بجهاز « مينارد » والذى يتم فيه إنزال الجزء

الحساس من الجهاز Probe داخل حفرة حجمها الابتدائى « V_o » ويتم رفع الضغط على مراحل حتى يتضاعف حجم الحفرة عند ضغط أقصى (p_l) limit pressure انظر Baguelin, et al 1978 ويمكن تقدير مقاومة الارتكاز القصوى لخازوق طبقاً للعلاقة التالية :

معادلة رقم (١٤)

$$q_f - q_o = k_q (p_l - p_o)$$

حيث :

q_f = مقاومة الارتكاز القصوى عند طرف ارتكاز الخازوق .

q_o = ضغط العبء الكلى على التربة total overburden pressure عند نقطة الارتكاز .

p_l = الضغط الأقصى limit pressure المقاس عند منسوب نقطة الارتكاز فى حالة التربة المتجانسة .

p_o = الضغط الأفقى الابتدائى الكلى المقاس عند منسوب نقطة الارتكاز .

k_q = معامل مقاومة الارتكاز وهو دالة فى نوع التربة والأبعاد الهندسية للخازوق (طوله وقطره) ونوع الخازوق .

وللحصول على مقاومة الارتكاز الآمنة فإنه يمكن استخدام معامل أمان قيمته (٣) للجزء $k_q (p_l - p_o)$ فى العلاقة المذكورة . وفى حالة ارتكاز الأساس على تربة غير متجانسة حيث تتغير مقاومتها مع العمق فيجب استخدام قيمة مكافئة للضغط الأقصى الصافى فى المعادلة السابقة .

ويمكن تعريف القيمة المكافئة للضغط الأقصى الصافى كما يلى :

$$P^*_{le} = \sqrt[3]{p^*_{11} \times p^*_{12} \times p^*_{13}}$$

حيث :

p^*_{11} = الضغط الأقصى الصافى المقاس عند منسوب أعلا الأساس بمسافة مساوية لعرض الأساس أو عند سطح الأرض أيهما أقرب .

p^*_{12} = الضغط الأقصى الصافى المقاس عند منسوب التأسيس .

p^*_{13} = الضغط الأقصى الصافى أسفل منسوب التأسيس بمسافة قدرها عرض الأساس .

مع الأخذ فى الاعتبار أن $p^*_{ei} - p_{li} - p_{oi}$

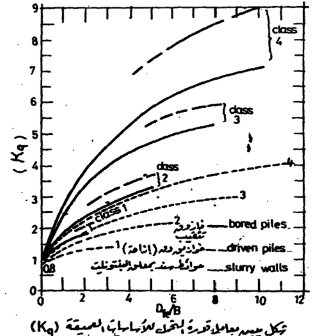
حيث :

p_{oi} = قيمة الضغط الأفقى الابتدائى الكلى المقاس عند منسوب « i » .

فى حالة التربة المتجانسة يؤخذ عمق التأسيس من الأبعاد الهندسية الخاصة بالأساس مباشرة . أما فى حالة التربة غير المتجانسة حيث تتغير مقاومة التربة مع العمق . فإنه يجب استخدام عمق مكافىء للأساس D_{fe} يعرف كالآتى :

$$D_{fe} = \frac{1}{p^*_{le}} \int_0^{D_f} p^*_l . z . dz$$

ولتحديد قيمة المعامل k_q يتم تصنيف التربة طبقاً لنوعها وقيمة الضغط الأقصى المقاس إلى احدى المجموعات الأربعة الموضحة فى الجدول التالى . ومن ثم يمكن استخدام الشكل التالى لتحديد قيمة هذا المعامل طبقاً لنوع الخازوق المستخدم .



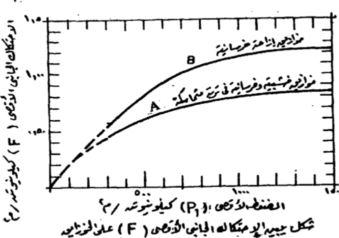
شكل يبين معامل قوة التحمل للأساسات العميقة (Kq)

جدول يبين تصنيف التربة Soil classification

صنف class	نوع التربة Soil Type		الضغط الأقصى الصافى $P^*le = Pl - Po (kN / m^2)$
١	طين ضعيف إلى متوسط التماسك	Soft to firm clay	صفر — ١٢٠٠
	طمى	Silts	صفر — ٧٠٠
٢	طين متماسك	Stiff clay	١٨٠٠ — ٤٠٠٠
	طمى كثيف	Dense silts	١٢٠٠ — ٣٠٠٠

صنف class	نوع التربة Soil Type	الضغط الأقصى الصافى * Ple = P1 - Po (kN / m²)
	رمل سائب Loose sand	٨٠٠ – ٤٠٠
	حجر منخفض المقاومة جداً Very low strength rock	٣٠٠٠ – ١٠٠٠
٣	رمل وزلط Sand and gravels	٢٠٠٠ – ١٠٠٠
	حجر منخفض المقاومة Low strength rock	٦٠٠٠ – ٣٠٠٠
٤	خليط من رمل وزلط منخفض الكثافة Low dense sand & gravels	٦٠٠٠ – ٣٠٠٠
	حجر متوسط إلى عالى المقاومة Rocks of mediume to heigh strenght	١٠٠٠٠ – ٦٠٠٠

أما الاحتكاك الجانبى على الخازوق (F) فيمكن تقديره من نتائج اختبار مقياس الضغط طبقاً لقيمة الضغط الأقصى المقاس (P_1) ونوع الخازوق باستخدام الشكل التالى . طبقاً للقواعد التالية .



شكل يبين الاحتكاك الجانبى الأقصى (F) على الخوازيق

١) فى حالة الأساسات العميقة المنفذة فى تربة متماسكة يمكن استخدام المنحنى (A) مباشرة للخوازيق الخرسانية والخشبية على أن تؤخذ ٢٥٪ من هذه القيمة فى حالة الخوازيق الحديدية .

٢) فى حالة الأساسات العميقة المنفذة فى تربة غير متماسكة الحبيبات : يستخدم المنحنى (A) لخوازيق الحفر الخرسانية وخوازيق الإزاحة الحديدية على أن يؤخذ ٥٠٪ من هذه القيمة فى حالة خوازيق الحفر الحديدية .

يستخدم المنحنى (B) لخوازيق الإزاحة الخرسانية على ألا تزيد قيمة الاحتكاك الجانبى فى أى حالة على (١٢٠ كيلونيوتن / م٢) (١,٢٠ كجم / سم٢) .

ويقترح استخدام معامل أمان قدرة (٣) لحساب قيمة المقاومة الارتكاز المسموح بها ومعامل أمان قدرة (٢) لحساب قيمة الاحتكاك الجانبى المسموح به فى حالة اتباع الطريقة المذكورة أعلاه .

وتعتمد نتائج اختبار مقياس الضغط إلى حد كبير على درجة جودة تنفيذ الحفرة التى يتم إنزال الجزء الحساس من جهاز القياس فيها . ويجب أن يكون استخدام مقياس الضغط وتحليل نتائجه مقصوراً على المتخصصين فى ميكانيكا التربة . ويفضل استخدام هذا الجهاز لأنواع التربة التى يصعب استكشافها مثل الرمل والزلط وبعض أنواع الصخور .

وفى بعض الحالات يمكن اللجوء إلى جهاز مقياس الضغط ذى أجهزة الحفر الذاتية Self boring pressuremeter لتقليل تأثير القلقلة الناتجة عن الحفر على نتائج الاختبار .

٤ – استخدام اختبارات تحميل الخوازيق :

تعتبر هذه التجارب المرجع الأساسى لتقيم سلوك الأساسات الحلزونية الخازوقية مع تحديد قدرة تحملها .

ثامناً : قدرة تحمل مجموعات الخوازيق :

(١) عموميات : عند استخدام مجموعة من الخوازيق pile group لتشكيل أساس لحمل معين يستوجب الأمر أن يؤخذ فى الاعتبار عند التصميم سلوك كل من مجموعة الخوازيق كعنصر متحد وسلوك الخوازيق كوحدات مستقلة . ومن المعلوم أنه ليس هناك علاقة بسيطة تربط بين سلوك الخازوق المفرد وسلوك مجموعة من الخوازيق من نفس الطراز وفى نفس التربة ذلك لأن تلك العلاقة تعتمد على عوامل عديدة منها مقياس المجموعة وعدد وأحمال الخوازيق التى تتضمنها وطبيعة تربة التأسيس وترتيب طبقاتها ... إلخ .

وتجدر الإشارة إلى أن حجم – وعلى الأخص عمق – المنطقة التى تتلقى جهوداً مؤثرة تحت مجموعة من الخوازيق* يتوقف على حجم المجموعة أو على أحمال الخوازيق التى بها وإذا قارنا المنطقة التى تتلقى جهوداً مؤثرة فى حالة تحميل خازوق واحد بمثيلتها عند تحميل مجموعة من الخوازيق المناظرة ، نجد أن المنطقة المجهدة

تحت المجموعة تكون أكبر بكثير ذلك لأن تكامل الجهود الناتجة عن كل خازوق من خوازيق المجموعة يرفع من قيمة الإجهادات المتولدة بالتربة ومن ثم من أبعاد المنطقة المجهدة تحت مجموعة الخوازيق .

من المعلوم أن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق pile group لا تساوى عادة حاصل جميع قدرات تحمل الخوازيق التى تضمنها المجموعة باعتبارها وحدات مستقلة ويجب أخذ هذه الخاصية فى الاعتبار عند التصميم . ويطلق مسمى كفاءة المجموعة "C_e" على النسبة بين قدرة تحمل مجموعة الخوازيق كوحدة واحدة إلى حاصل جمع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة لنفس الأطوال وتكوين التربة . كذلك من الضرورى عند استخدام مجموعات الخوازيق أن يؤخذ فى الاعتبار مقدار الهبوط المنتظر للمجموعة .

٢ – المسافة البينية لخوازيق المجموعة :

يتوقف اختيار المسافات البينية لخوازيق المجموعة على عدة عوامل أهمها التكلفة الإجمالية للأساس . وطبيعة تربة الموقع وسلوك الخوازيق فى المجموعة ، وأسلوب تنفيذ الخوازيق بالتثقيب أو بالدق أو بالضغط أو بالبرم ، ويجب أن تكون المسافات البينية كافية لعدم حدوث إزاحة لتربة الموقع ، وأن تسمح بتنفيذ خوازيق المجموعة إلى الطبقة الحاملة دون إضرار ببعضها البعض أو بأى منشأ مجاور .

وعادة لا يقل البعد بين مركزى أى خازوقين عن ثلاثة مرات قطر الخازوق وذلك فى حالة خوازيق الاحتكاك . بينما لا يقل هذا البعد عن مرتين ونصف القطر المكافىء ، ويسمح فى الحالات الخاصة أن يصل هذا البعد إلى ضعف القطر المكافىء لمقطع الخازوق فى حالة الخوازيق التي تعتمد أساساً على جهد الارتكاز . وعند استخدام خوازيق حلزونية screw piles فيبلغ البعد الأدنى بين محاورها مرة ونصف القطر الخارجى للحلزون .

وفى حالة استخدام خوازيق ذات نهايات متسعة Enlarged bases فيجب أن يراعى فى اختيار أبعاد محاورها احتمال حدوث تأثير متبادل للجهود كنتيجة لتقارب نهايات الخوازيق مع بعضها البعض .

وتجدر الإشارة إلى أنه عندما تخترق مجموعة من خوازيق الاحتكاك طبقة عميقة منتظمة القوام لنقل حمل محدد فى نطاق مساحة محددة – فإن استعمال عدد قليل من الخوازيق الطويلة يكون عادة أكثر فاعلية فى نقل الحمل حيث الهبوط فى الحالة الأخيرة أقل منه فى الحالة الأولى .

٣ – مجموعات الخوازيق فى الصخر :

فى حالة مجموعة الخوازيق المنشأة فى أو تستند على طبقة صخرية سليمة ذات سمك كبير تكون قدرة تحميل المجموعة توازى حاصل ضرب عدد الخوازيق بالمجموعة فى قدرة تحمل الخازوق المفرد باعتباره وحدة مستقلة . ولكن فى حالة ميل سطح الصخر أو عند وجود شقوق أو طبقات ضعيفة مائلة داخل الصخر فإنه يجب مراجعة الأمان من حدوث انهيار كلى للمجموعة Block failure ويتم ذلك من واقع الدراسات الجيولوجية والاستكشافية للموقع .

٤ – مجموعات الخوازيق التربة غير متماسكة الحبيبات :

تعمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة طالما كانت المسافات بين محاور الخوازيق تزيد عن سبعة أمثال القطر للخوازيق وتعمل كمجموعة مشتركة عندما تقل عن ذلك وطالما كانت الطبقة الحاملة للخوازيق لا تتلوها من أسفل طبقات أضعف منها . وكانت أحمال خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة ذات معامل أمان مناسب ضد الانهيار فإن احتمال انهيار المجموعة كوحدة واحدة Block failure أمر غير وارد .

وفى حالة التكوينات الرملية أو الرملية الزلطية السائبة loose deposits قد تزيد قدرة تحمل الخازوق فى المجموعة عنه كخازوق مفرد نتيجة لتكثيف التربة إبان دق الخوازيق . ولكن يتحتم عدم اعتبار هذه الظاهرة عند التصميم .

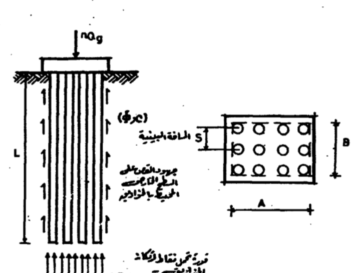
وفى حالة تأسيس مجموعة من الخوازيق داخل طبقة كثيفة من التربة غير متماسكة الحبيبات محدودة السمك ، يليها فى العمق طبقة من تكوينات ضعيفة فإن قدرة تحمل مجموعة الخوازيق تؤخذ مساوية لأقل القيمتين التاليتين « أ » أو « ب » .

(أ) مجموع قدرات تحمل خوازيق المجموعة كوحدات مستقلة .

(ب) قدرة تحمل دعامة pier مساحتها توازى مساحة مقطع خوازيق المجموعة والتربة الواقعة بينها . ويقع منسوب تأسيسها مع منسوب الأطراف السفلية لخوازيق المجموعة آخذين فى الاعتبار الهبوط المحتمل لمجموعة الخوازيق .

٥ – مجموعات الخوازيق بالتربة الطينية :

تقدر القدرة القصوى لتحمل الخوازيق Q_{ult} كما يلى كما فى الشكل التالى (أ) .



شكل يبين قدرة تحمل مجموعة الخوازيق بالتربة الطينية
(أ)

معادلة رقم (١٥) : $Q_{ult} = n.Q_G = n.G_e. Q_{ult}$

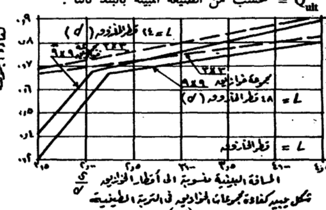
حيث :

n = عدد الخوازيق فى المجموعة .

Q_G = الحمل الأقصى الذى يتحمله الخازوق الواحد عندما يعمل داخل المجموعة .

$G_e = \dfrac{Q_G}{Q_{ult}}$ وتستنتج من الشكل التالى (ب)

Q_{ult} = تحسب من الصيغة المبينة بالبند ثالثاً .



المسافة البينية منسوبة الى أقطار الخوازيق $\frac{S}{d}$
شكل يبين كفاءة مجموعات الخوازيق فى التربة الطينية
(ب)

٦ – أحمال الشد على مجموعة الخوازيق :

أ) حالة التربة غير متماسكة الحبيبات :

يؤخذ حمل الشد على المجموعة مساوياً لأقل القيمتين التاليتين (١) ، (٢) .

١) مجموعة جهود الاحتكاك على جذوع خوازيق المجموعة مع عدم تخفيض قيمتها فى حالة الخوازيق المسلوبة ومع أخذ معامل أمان = ٣ .

٢) الوزن الفعال Effective weight لكتلة التربة الواقعة داخلها خوازيق المجموعة مع إضافة وزن منشور دائرى يمتد من أسفل نهايات الخوازيق إلى سطح التربة ويميل ٤ (رأسى) : ١ (أفقى) . مع اعتبار الوزن الذاتى للخوازيق مساوياً لكتلة التربة المكافئة لحجمها ومع اعتبار معامل أمان قدرة ١ .

ب) حالة التربة الطينية :

يؤخذ الحمل المسموح للشد على المجموعة مساوياً لأقل القيمتين التاليتين (١) ، (٢) .

١) مجموعة جهود الالتصاق على جذوع خوازيق المجموعة مقسوماً على معامل الأمان (F.S) .

٢) قيمة Tall المبينة فى المعادلة التالية :

معادلة رقم (١٦)
$$T_{all} = \frac{2L\,(B + A)\,C}{F.S} + W_p$$

حيث :

A = طول المسقط الأفقى لمجموعة الخوازيق كما فى الشكل السابق (أ) .

B = عرض المسقط الأفقى لمجموعة الخوازيق .

L = عمق كتلة التربة المبينة أسفل هامة الخوازيق .

C = القيمة المتوسطة لتماسك التربة الواقعة حول الخوازيق مقدار من تجربة القص تحت مياه ثابتة « undrained strength » .

w.p = وزن الخوازيق + الهامة « pile cap » + وزن كتلة التربة المحصورة بين خوازيق المجموعة .

F.s = معامل الأمان يساوى (٢) فى حالة الأحمال التى تؤثر لحظياً ويساوى (٣) فى حالة الأحمال التى تؤثر لفترات طويلة .

هبوط الخوازيق

١) من الممكن استخدام الأساليب النظرية الواردة فى هذا الجزء لإجراء تقدير تقريبى لقيم هبوط الأساسات الخازوقية . إلا أنه عادة يفضل الاعتماد على النتائج المستنتجة من تجارب التحميل على خوازيق لاعتبارها أكثر دقة من هذه الطرق النظرية .

٢) هبوط الخازوق المفرد :

يتم حسابه باعتبار هبوط الخازوق عند طرفه العلوى هو حاصل جمع ثلاثة مقادير هى :

(أ) الهبوط نتيجة لانفعال جذع الخازوق :

Elastic compression of pile shaft :

تحت إجهادات التحميل وتقدر كما يلى :

$$S_s = (Q_b + \alpha_f\, Q_f)\ \frac{L}{AE_p}$$

حيث :

Q_b = هو حمل الارتكاز المنقول للتربة عند طرف الخازوق السفلى .

Q_f = هو حمل الاحتكاك المنقول للتربة عن طريق جهود الاحتكاك على سطح جذع الخازوق .

L = طول الخازوق .

A = مساحة مقطع الخازوق .

E_p = معامل المرونة لمادة الخازوق .

α_f = معامل يتوقف على منحنى توزيع جهود الاحتكاك على امتداد طول الخازوق ويؤخذ .

= ٠,٥ فى حالة التوزيع المتساوى أو التوزيع المناظر للقطع المكافىء .

= ٠,٦٧ فى حالة التوزيع المتدرج بدءاً من الصفر من أعلى حتى يصل إلى أقصاه عند نقطة الارتكاز .

= ٠,٣٣ فى حالة التوزيع المتدرج بدءاً من أقصى قيمة من أعلى وحتى الصفر عند نقطة الارتكاز .

ويشترط لاستخدام هذه الصيغة أن تكون إجهادات الخازوق فى حدود جهود التشغيل المسموح بها .

(ب) الهبوط نتيجة لانتقال حمل الارتكاز إلى التربة S_{pp} وتقدر كما يلى :

$$S_{pp} = \frac{C_p\,Q_p}{d.q}$$

حيث :

C_b = معامل يعتمد على نوعية التربة وعلى أسلوب تنفيذ الخازوق (كما فى الجدول التالى) .

d = قطر الخازوق .

q = الجهد الأقصى لسعة التحميل عند نهاية الخازوق .
Ultimate end bearing capcity .

جدول يبين قيم المعامل C_b لتقدير هبوط الخازوق المفرد

نوع التربة	خوازيق الإزاحة	خوازيق التثقيب
رمال كثيفة إلى سائبة	٠,٠٢ إلى ٠,٠٤	٠,٠٩ إلى ٠,١٨
طين صلب إلى لين	٠,٠٢ إلى ٠,٠٣	٠,٠٣ إلى ٠,٠٦
طمى كثيف إلى سائب	٠,٠٣ إلى ٠,٠٥	٠,٠٩ إلى ٠,١٢

ويشترط أن تكون طبقة الارتكاز الخازوق ممتدة تحت طرف الخازوق لمسافة توازى عشرة أمثال قطره على الأقل وأن تكون الطبقات التى تليها ذات مقاومة تتساوى مع أو تزيد عن مقاومة الطبقات المنشأة بها الخوازيق .

(جـ) هبوط الخازوق نتيجة لانتقال حمل الاحتكاك من جذع الخازوق إلى التربة S_{ps} تقدر كما يلى :

$$S_{ps} = \frac{C_s\,Q_f}{L_o\,q}$$

حيث :

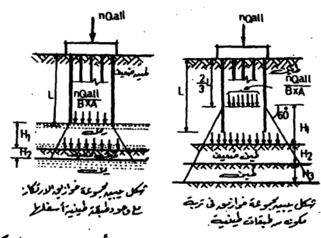
L_o = طول جذع الخازوق المدفون بالتربة .

C_s = معامل ويساوى .

$$C_s = \left(0.93 + 0.16\,\frac{L_o}{d}\right) C_b$$

ومن ثم يكون هبوط الخازوق المفرد S_o كما يلى :

$$S_o = S_s + S_{pp} + S_{ps}$$



شكل يبين مجموعة خوازيق فى تربة مكونة من طبقات طينية

شكل يبين مجموعة خوازيق الارتكاز مع وجود طبقة طينية أسفلها

٣ - هبوط مجموعات الخوازيق المنشأة بتربة غير متماسكة الحبيبات :

يمكن تقدير هبوط مجموعة الخوازيق S_G فى هذه الحالة من الصيغة التالية :

$$S_G = S_o\,\sqrt{\frac{B}{d}}$$

حيث إن :

B = المقاس الأدنى (الطول الأصغر) لمجموعة الخوازيق بالمسقط الأفقى .

d = قطر الخازوق المفرد .

S_o = مقدار هبوط الخازوق المفرد مقدرة من الصيغة السابق ذكرها أو المحددة من تجارب التحميل .

٤ - هبوط مجموعات الخوازيق فى تربة تحتوى على طبقات مشبعة متماسكة الحبيبات :

يحسب انضغاط الطبقات وفقاً للطرق المذكورة بالجزء رقم (٣) من الكود المصرى للأساسات وعادة يفترض أن جهود أحمال الخوازيق ذات الهامات الجاسئة نسبياً تنتشر داخل التربة كما هو مبين بالأشكال السابقة .

أما فى حالة الهامات المرنة أو فى حالة مجموعة ذات هامات منفصلة فإن جهود الضغط الناشئة عنها تتوزع داخل التربة وفقاً لنظرية توزيع الإجهادات داخل الوسط المرن ومع اعتبار أن حمل المجموعة يؤثر على التربة عند المناسيب بنفس الأشكال . ويلاحظ أن (B) و (A) بالأشكال هى الأبعاد الخارجية لمجموعة الخوازيق بالمسقط الأفقى وأن (n) هو عدد خوازيق المجموعة .

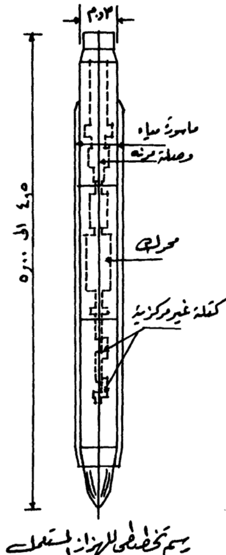
ويعتبر هبوط المجموعة مساوياً لانضغاط الطبقات الطينية تحت تأثير الأحمال المبينة بالأشكال السابقة بعد توزيعها .

الأساسات على خوازيق من تربة مدكوكة أو مستبدلة

هذا النوع من الأساسات يدخل ضمن نطاق الطرق المختلفة لتحسين خواص التربة الضعيفة جداً والتى يكون التأسيس السطحى عليها مكلفاً للغاية وهى تعتمد أساساً على ، إما دمك التربة الرملية أو خلط التربة الطينية أو الطمية بالزلط أو كسر الحجر لتحسين خواصها الميكانيكية وذلك عن طريق اسطوانة حديدية رأسية تخترق طبقات التربة الضعيفة حتى أعماق كبيرة وتتولد منها اهتزازات ينجم عنها أما دمك عامود من التربة الرملية حولها أثناء سحبها إلى أعلا أو عمل عامود من خليط من طبقة التربة الطينية أو الطميية الضعيفة والزلط وكسر الحجر اللذان يتم إضافتهما من أعلا أثناء سحب الماسورة إلى أعلا وهذه الطريقة تعرف بـ vibro compaction بالنسبة للتربة الرملية و vibro replacement بالنسبة للتربة الطينية .

المعدات :

يلزم لتنفيذ هذه الطريقة استخدام اسطوانة من الصلب ذات قطر يتراوح بين ٢٠٠ ملليمتر و ٤٠٠ ملليمتر وبأطوال تتراوح بين ٤,٥٠ متراً و ٥,٠٠ متراً يثبت بداخلها كتلة تدور حول محور الأسطوانة الرأسى وبحيث لا ينطبق مركز ثقل الكتلة مع محور الدوران مما ينتج عنه اهتزاز الأسطوانة مع دوران الكتلة كما فى الشكل التالى ويلاحظ أنه يمكن زيادة طول أعمدة التربة إذا لزم الأمر باستخدام وصلات - بنفس المقاييس السابقة تقريباً - إلى الأسطوانة الأصلية .



رسم تخطيطى للهزاز المستعمل فى عمليات الدمك

ويبدأ العمل باستخدام هذه الطريقة بتثبيت الأسطوانة فى رافعة crane وتنزيلها رأسياً داخل التربة تحت تأثير وزنها وبمساعدة تيار من المياه أو الهواء المضغوط يتم ضخه من أسفل الماسورة وهذا التيار من المياه أو الهواء المضغوط يساعد على سند الحفر .

وعادة تتراوح سرعة الدوران المحرك المستخدم فى إحداث الاهتزازات بين ١٨٠٠ و ٣٠٠٠ لفة فى الدقيقة وبطاقة تتراوح بين ٣٥ كيلووات و ٥٠ كيلووات ، ويتراوح وزن الأسطوانة بين ٢٧ كيلونيوتن (٢,٧٠ طن) و ٥٣ كيلونيوتن (٥,٣ طن) .

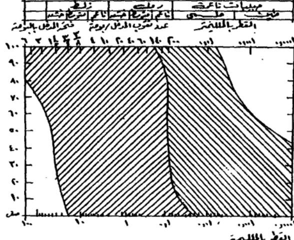
طريقة التنفيذ :

تنقسم هذه الطريقة طبقاً لنوعية التربة بالموقع إلى نوعين :

أ) الدمك الاهتزازى : vibre compaction للتربة الرملية :

ب) الاستبدال الاهتزازى (أو أعمدة الحجارة) vibro replacement وذلك فى التربة الطينية .

والشكل التالى يبين مجال استخدام كل من هذين البندين فى تكوينات التربة المختلفة طبقاً لمقاس حبيبات التربة بالموقع .



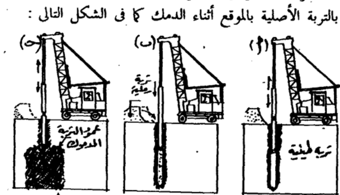
شكل يبين مجال استخدام طريقتى الدمك الاهتزازى والاستبدال الاهتزازى

الدمك الاهتزازى فى التربة الرملية المفكك :

Vibro compaction

يتم دمك التربة بعد وصول الأسطوانة إلى المنسوب المطلوب عن طريق إضعاف تيار المياه المتدفق من نهايتها والبدء فى سحب الأسطوانة إلى أعلا ببطء بخبطات صغيرة منتظمة للتأكد من تجانس دمك التربة بكامل ارتفاع الطبقة . عادة ما يؤدى استخدام هذه الطريقة إلى خفض حجم التربة الأصلى بمقدار ١٠ تقريباً مما يؤدى إلى انخفاض كبير فى سطح الأرض بالموقع .

ويمكن تلافى ذلك بإضافة تربة رملية من الخارج حول الأسطوانة أثناء رفعها مما يؤدى إلى خلط هذه التربة الجديدة بالتربة الأصلية بالموقع أثناء الدمك كما فى الشكل التالى :



شكل يبين خطوات تنفيذ الدمك الاهتزازى للتربة الطينية

فى حالة التربة الرملية جيدة التدرج فإنه يمكن الوصول بها إلى كثافة نسبية تساوى ٧٠٪ باستخدام هذه الطريقة على أبعاد تتراوح بين ٣,٠٠ متر و ٣,٥٠ متر . وفى حالة تقليل المسافات عن ذلك فإنه يمكن الوصول إلى كثافة نسبية قد تصل إلى ٩٠٪ أما فى حالة وجود طبقات من الرمل الناعم يلاحظ أنه يلزم تقليل المسافة بين نقاط الدمك .

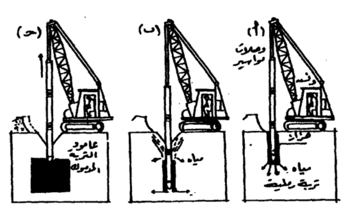
ويلاحظ بصفة عامة أن المدة اللازمة لدمك التربة عند كل مستوى تتراوح بين دقيقتين وخمس دقائق .

الاستبدال الاهتزازى للتربة الطينية :

Vibro replacement

تستخدم فى هذه الطريقة نفس المعدات المشار إليها عاليه ويتم تغويص الأسطوانة إلى العمق المطلوب مع ضخ المياه أو الهواء من أسفل . وعادة ما تستخدم المياه فى طبقات التربة المشبعة تماماً والهواء المضغوط فى التربة المشبعة جزئياً مع ملاحظة أن يكون منسوب المياه المطلوب تكون الأبعاد الناتجة أكبر قليلاً من أبعاد الأسطوانة ، ويتم إضافة كميات من الزلط أو كسر الحجر من أعلا على دفعات بمقاس يتراوح بين ١٠ و ٨٠ ملليمتر . مع كل دفعه يتم تنزيل ورفع الأسطوانة المهتزة ببطء حتى يتم التداخل التام بين الزلط المضاف والتربة بالموقع عند كل منسوب حتى نحصل فى النهاية على عامود دائرى (غير منتظم المقطع) مكون من خليط من تربة الموقع والزلط المضاف وعادة ما يتراوح قطر هذا العامود بين ٠,٦ متر و ١,٠ متر وذلك طبقاً لنوعية التربة بالموقع وزمن دمك وإزاحة الزلط المضاف (كما فى الشكل التالى) أعمدة الحجارة أو الزلط هذه يتم تنفيذها عادة فى توزيع منتظم مثلثى الشكل أو فى مربعات . البعد بين كل عامود وآخر يتراوح بين ١,٠ متر و ٣,٠ متر ، وذلك طبقاً لمتطلبات التصميم من حيث تقليل الهبوط أو زيادة مقاومة التربة .

ويمكن حساب الهبوط المنتظر ومقاومة أعمدة الحجر عن طريق دراسة اتزان عامود الحجر تحت تأثير الحمل الرأسى وضغط التربة السلبى على جوانبه . وفى حالة توزيع الأحمال على مساحة كبيرة من التربة (حصيرة من الخرسانة) فإنه يمكن تحليل الإجهادات والهبوط عن طريق مشابه لتحليل الخرسانة المسلحة باعتبار أن التربة الأصلية بالموقع لها معامل مرونة يمكن قياسه معملياً والأعمدة الحجرية تعتبر بمثابة تسليح للتربة ذات معامل مرونة مختلف يمكن تحديده باختبارات حقلية .



شكل يبين رسم تخطيطي يوضح خطوات تنفيذ الدمك بالاهتزاز للتربة الرملية

القيسونات

هى أساسات عميقة ذات مقاسات كبيرة تتكون من خلية واحدة أو عدة خلايا أسطوانية أو صندوقية ، ذات حوائط من الخرسانة المسلحة أو الصلب أو الحديد الزهر . وتستخدم القيسونات عادة وسط المسطحات المائية ، أو تحت منسوب المياه الأرضية لنقل الأحمال الكبيرة من الكبارى والمنشآت المشابهة إلى طبقات التربة أو الصخر الصالح للتأسيس . ويملأ خلايا القيسون كلياً أو جزئياً بالخرسانة بعد الوصول إلى منسوب التأسيس المطلوب .

وعادة يتم عمل جسة أو أكثر فى المكان المقترح للقيسون وذلك لتحديد طبقات التربة وخواصها (خاصة مقاومة القص والنفاذية) على المناسيب المختلفة ، وتعيين منسوب المياه الأرضية واحتمالات تغيره ، وتستخدم هذه البيانات فى اختيار الطريقة المثلى للتنفيذ والتنبؤ بأى مشكلات أو معوقات أثناء الحفر والتغويص .

ويمكن تقسيم القيسونات طبقاً لتكوينها الإنشائى وطريقة تنفيذها إلى ثلاثة أنواع :

١) القيسونات المفتوحة .
٢) قيسونات الهواء المضغوط .
٣) القيسونات الصندوقية .

ويتم اختيار نوع القيسون المناسب طبقاً لنوعية المنشأ وطبيعة التربة ومقدار الفارق بين منسوب التأسيس ومنسوب المياه الأرضية .

القيسونات المفتوحة : Open caissons

يوضح الشكل التالى كروكيات لحالات مختلفة من القيسونات ، ويلاحظ أن كعب هذه القيسونات يزود عادة بحافة قاطعة cutting edge ويتم الحفر عادة تحت منسوب المياه الأرضية باستخدام الكباشات أو بالتجريف . ويتم التغويص تحت تأثير وزن القيسون فقط أو بتحميله بأوزان إضافية kentledge وقد يتطلب الأمر استخدام نفاثات مياه عند الحافة القاطعة لتسهيل حركة القيسون لأسفل . ويتم بناء حلقات إضافية أعلا القيسون مع تقدم عملية التغويص حتى تصل الحافة القاطعة إلى منسوب التأسيس المطلوب . وعندئذ يتم صب السدادة الخرسانية أسفل القيسون بصب الخرسانة خلال مواسير ذات قمع علوى tremic pipe أو أى وسيلة أخرى تضمن عدم انفصال مكونات الخرسانة أو قطاع الخرسانة .

ويفضل استخدام هذا النوع من القيسونات لأعماق لا تتعدى ٢٠ متراً . ويجب التنويه إلى أن عملية الحفر بجوار القاطعة قد تتطلب فى بعض الحالات الاستعانة بالحفر اليدوى بواسطة غطاسين . كذلك فقد يتسبب وجود قطع من الصخر فى إبطاء عملية الحفر .

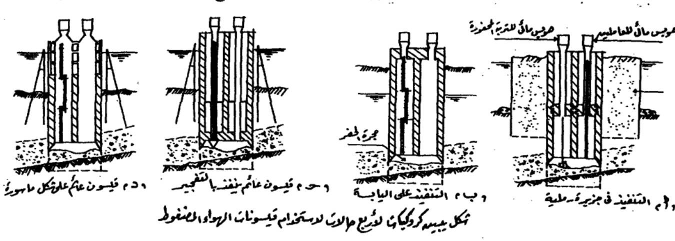
ويلاحظ أنه فى كثير من الحالات يصعب تنظيف أو اختبار التربة عند منسوب التأسيس قبل صب خرسانة السدادة . كذلك فإن عملية صب الخرسانة تحت الماء يجعل عملية التأكيد من كفاءة السدادة ونوعية خرسانتها مهمة صعبة .

شكل يبين حالات مختلفة من القيسونات المفتوحة

قيسونات الهواء المضغوط : Pneumatic caissons

يوضح الشكل التالى أربعة حالات مختلفة لاستخدامات هذا النوع من القيسونات ويلاحظ أن الشكل العام لقيسونات الهواء المضغوط مشابه للقيسونات المفتوحة إلا أن عملية الحفر تتم على الناشف فى حجرة خاصة Working chamber فى قاع القيسون حيث يتم طرد المياه الأرضية ، بالتالى منع ترويب التربة عند منسوب الحفر باستخدام الهواء المضغوط . لذلك فإن كل قيسون هواء مضغوط مزود بهويس هوائى أو أكثر لنقل العمال من وإلى داخل القيسون ، وهويس هوائى أو أكثر لنقل المواد والمعدات .. إلخ ويجب على العمال البقاء فى هذا الهويس فترات

محددة أثناء عمليات رفع وخفض الضغط Compression & decompression لتلافى إصابتهم بمرض القيسونات بتكون فقاعات هواء تحت الجلد bends- لذلك فإن عدد الساعات المسموح للعمال العمل خلالها بداخل القيسون تتوقف على مقدار ضغط الهواء ، وقد لا تتعدى ساعة واحدة فقط كل ٢٤ ساعة إذا وصل ضغط الهواء إلى (٥٠ رطل على البوصة المربعة) ٣٥٠ كيلونيوتن / م٢ (٣,٥٠ كجم / سم٢) كما فى الجدول التالى يبين عدد ساعات العمل المناسبة للضغوط المختلفة داخل القيسون . ويتم تحديد ضغط الهواء بأقل قيمة تكفى لاتزان التربة ومنع تسرب المياه إلى داخل الحفر .



شكل يبين كروكيات لأربع حالات لاستخدام قيسونات الهواء المضغوط

جدول يبين عدد ساعات العمل داخل قيسونات الهواء المضغوط

قيمة ضغط الهواء: كيلونيوتن / م٢	قيمة ضغط الهواء: رطل / بوصة مربعة	قيمة ضغط الهواء: قيمة ضغط الهواء	عدد ساعات العمل اليومى
حتى ١٥٥	(حتى ٢٢)	حتى ١٥,٥٠	٦
١٥٥ – ٢١٠	(٢٢ – ٣٠)	١٥,٥ – ٢١,٠	٤
٢١٠ – ٢٤٥	(٣٠ – ٣٥)	٢١,٠ – ٢٤,٥	٣
٢٤٥ – ٢٨٠	(٣٥ – ٤٠)	٢٤,٥ – ٢٨,٠	٢
٢٨٠ – ٣١٥	(٤٠ – ٤٥)	٢٨,٠ – ٣١,٥	١ ١/٢
٣١٥ – ٣٥٠	(٤٥ – ٥٠)	٣١,٥ – ٣٥,٠	١

وفى حالة التغويص فى اليابسة بعيداً عن المجارى المائية يستخدم ضغط هواء مساو للضغط الهيدروستاتيكى للمياه الأرضية عند منسوب قاع الحفر على ألا يتعدى هذا الضغط ٥٠ رطل على البوصة المربعة وهو ما يناظر ضغط عمود مياه ارتفاعه حوالى ٣٥ متراً . وعند الوصول إلى منسوب التأسيس المطلوب يتم تنظيف قاعدة القيسون وتصب الخرسانة على الناشف . ويلاحظ أن تنفيذ القيسونات بطريقة الهواء المضغوط عالية التكاليف نظراً لاستخدام ضغط الهواء وتحديد نوعية العمالة على العمل تحت تأثير الهواء المضغوط ، كذلك تحديد عدد ساعات العمل تحت هذه الظروف .

الطريقة التى تم بها تنفيذ القيسونات بالنيل بكوبرى ٦ أكتوبر :

معدات تستخدم فى إنشاء القايسون :

- محطات متكاملة لضغط الهواء ثابتة وعائمة .
- محطات لخلط الخرسانة ثابتة وعائمة .
- طلمبات لنقل الخرسانة من المحطات إلى مواقع الصب .
- أوناش بحرية وبرية مختلفة الكفاءات .
- قاطرات ولنشات بحرية لتشغيل المعدات ونقل الأفراد .
- صنادل عائمة مختلفة الكفاءة .

هذا بالإضافة إلى المعدات التقليدية مثل المولدات الكهربائية ومجموعات قطع ولحام الصلب وسيارات نقل الخرسانة وورشة نجارة . ورشة ميكانيكا وكهرباء وغير ذلك .



وصف القايسون الذى تم فى كوبرى ٦ أكتوبر وطريقه تشغيله :

القايسون هو الدعامة التى ترتكز عليها جسم الكوبرى وهو عبارة عن غرفة حديدية مكونة من جمالونات تكسوها من الخارج والداخل ألواح من الصلب ويتم تصنيع المرحلة الأولى من القيسون على الشاطىء وإنزال القيسون إلى النيل . ثم عملية الحفر تحت الماء عملية فنية ودقيقة للغاية ... إنها تبدأ بسحب القيسون على قزق النيل وسحبه إلى المكان المحدد لإقامة الدعامة .. وهناك يتم تثبيته بواسطة عوامات تسمح بالنزول الرأسى إلى مكانه .

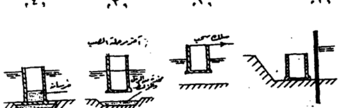
وبعد ذلك يبدأ صب الخرسانة داخل القيسون فيهبط تدريجياً ، ثم يزاد ارتفاعه بألواح من الصلب يتم لحامها فى موقعه .. ثم تصب كمية أخرى من الخرسانة فيهبط القيسون ويزاد ارتفاعه مرة أخرى من الخرسانة فيهبط القيسون ويزاد ارتفاعه مرة أخرى بألواح الصلب وهكذا حتى يصل إلى قاع النيل .. يتم بعد ذلك تركيب غرفة خاصة لدخول الغواصين وكذلك مواسير رأسية تسمح بنزولهم إلى قاع النيل لإجراء عمليات الحفر تحت الهواء المضغوط . والهدف من ضغط الهواء هو طرد المياه حتى يتمكن الغواصون من الحفر ، وإلا اندفعت المياه فى غرفة التشغيل ، ومع استمرار عمليات الحفر وزيادة كمية الخرسانة المصبوبة فى جسم القيسون يهبط تدريجياً ويزاد تبعاً لذلك ضغط الهواء حتى يصل القيسون إلى المنسوب النهائى للتأسيس ويصبح أحد الدعامات التى يرتكز عليها الكوبرى .

علماً بأن الخرسانة التى تستعمل يجب أن تتحمل ضغط قدرة ٤٠٠ إلى ٥٠٠ كجم / سم٢ .

القيسونات الصندوقية :

يستخدم هذا النوع من القيسونات عادة كأساس للمنشآت المقامة فى المسطحات المائية عندما تكون طبقة التربة القوية قريبة من قاع السطح المائى . كما يوضح الشكل التالى يتم بناء جسم القيسون على البر من الخرسانة المسلحة أو أى مادة أخرى مناسبة .

ويسحب القيسون طافياً على سطح المياه حتى مكان التأسيس المقترح وذلك بعد تجهيز التربة عند منسوب التأسيس بتسويتها ووضع طبقات من الرمل والزلط والتى تحتاج لدمك تحت سطح المياه ويتم تغويص القيسون بملئه بالخرسانة أو أى مادة أخرى مناسبة ويراعى استخدام الاحتياطات اللازمة لحماية القيسون ضد النحر وتأثير التيارات المائية حوله .



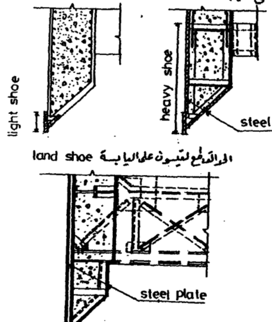
شكل يبين كروكى لمراحل تنفيذ القيسونات الصندوقية

أسس تصميم القيسونات :

١) تتوقف مقاومة الاحتكاك الجانبى المطلوب التغلب عليها أثناء عملية تغويص القيسونات المفتوحة وذات الهواء المضغوط على نوع التربة . ويمكن استخدام القيم الموضحة فى الجدول التالى على سبيل الاسترشاد :

نوع التربة	الاحتكاك الجانبى كيلونيوتين /م٢	الاحتكاك الجانبى كجم /سم٢
طمى وطين ضعيف	٥ – ٣٠	٠,٠٥ – ٠,٣٠
طين شديد التماسك	٥٠ – ٢٠٠	٠,٥٠ – ٢,٠٠
رمل سائب	١٠ – ٣٥	٠,١٠ – ٠,٣٥
رمل كثيف	٣٥ – ٧٠	٠,٣٥ – ٠,٧٠
زلط كثيف	٥٠ – ١٠٠	٠,٥٠ – ١,٠٠

٢) يصمم الحد القاطع لحوائط القيسونات بارتفاع حوالى ثلاثة أمتار فى حين يكون ارتفاع حجرة التشغيل فى قيسونات الهواء المضغوط حوالى ٢ – ٢,٥ متر . والشكل التالى يوضح أمثلة تفصيلية لحد القاطع للقيسونات المنشأة فى المسطحات المائية أو على اليابسة .



أمثلة تفصيلية لحد القاطع للقيسونات المنشأة على اليابسة أو فى المسطحات المائية

٣) تصمم القيسونات كأساسات عميقة مرتكزة على طبقات قوية من الصخر أو التربة غير المتماسكة الحبيبات . ويمكن حساب قدرة التحميل القصوى للقيسون المرتكز على الرمل والزلط باستخدام المعادلة التالية :

$$Q_{ult} = P_b \cdot N_{qc} \cdot A_b \qquad \text{معادلة رقم (١)}$$

حيث :

P_b = الضغط الرأسى الفعال عند منسوب ارتكاز القيسون .

N_{qc} = معامل قدرة تحمل التربة للقيسونات .

A_b = مساحة المسقط الأفقى لقاعدة ارتكاز القيسون .

جدول يبين قيمة معامل قدرة تحمل التربة N_{qc} للقيسونات

Φ بالدرجات	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠	٤٥
N_{qc}	٢٥	٥٠	١٥٠	٤٠٠	٢٠٠٠

٤) تهمل مقاومة الاحتكاك الجانبى النهائى المؤثرة على حوائط القيسونات الخارجية عند حساب قدرة التحمل القصوى نظراً لقلقلة التربة بدرجات متفاوتة أثناء عملية التغويص .

٥) يحسب الحمل المسموح به للقيسون باستخدام معامل أمان يتراوح بين ٢ – ٣ .

٦) يقدر الهبوط المتوقع حدوثه للقيسون بحوالى نصف مقدار الهبوط الذى يحدث لقاعدة مكافئة جاسئة ترتكز على سطح تربة مشابهة فى الخواص للتربة الموجودة عند قاعدة ارتكاز القيسون .

الجهاز المعدنى المتحرك للمهندس J.CAMBON

بعد الدمار الشامل الذى لحق برصيف الترسانة البحرية بميناء برست **Brest** بفرنسا أثناء جلاء القوات الألمانية فى الحرب العالمية الثانية بدأت الإدارة العامة للأشغال البحرية بفرنسا فى سبتمبر سنة ١٩٤٦ العمل على إعادة هذا الرصيف الحيوى على مراحل . نظمت هذه الإدارة مشروع مسابقة لإعادة تشييد هذا الرصيف . وتقدم مختلف المقاولون بحلول ناجحة ومعقولة واختير المشروع المصمم والمقدم من شركتى مقاولات Dumez et Dobin .

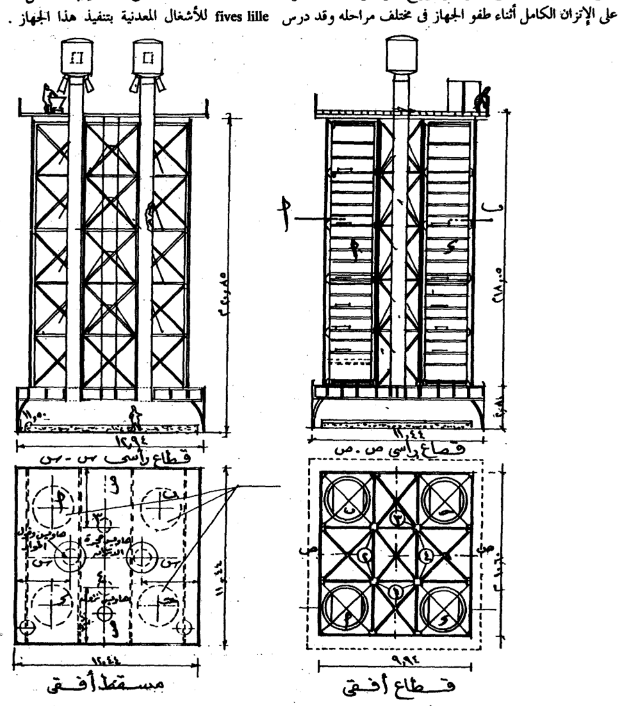
وجاءت فكرة المشروع المختار فى تنفيذ أساسات إلى منسوب – ١١ متراً . وذلك بالاستعانة بأجهزة متحركة يرتكز فوق هذه الأساسات صناديق مغطسة من الخرسانة المسلحة ذات قاع تكون حائط الرصيف . كانت الأجهزة المتحركة كما جاءت فى المشروع الابتدائى الذى وقع عليه الاختيار تحمل على سفينتين مربوطتين ببعضهما بهيكل معدنى يعلق عليه الجهاز .

وقد اقترح فى ذلك الوقت أنه بدلاً من استعمال الأجهزة المتحركة لتنفيذ الأساسات السابق ذكرها يمكن استعمال الطريقة التى طبقت فى ميناء شربورج بفرنسا لإنشاء حوائط الأرصفة بطول ٢٠٠٠ متر التى نفذت من صناديق من الخرسانة المسلحة أبعاد الواحد منها ٣٣,٣٣ × ١٦,٢٥ × ٦,٢٥ متراً ذات حجرة عمل ومجهزة للتغطيس فى المياه العميقة بفعل الهواء المضغوط وسيأتى ذكر هذه الصناديق بالتفصيل فيما بعد ولكن نظراً لصعوبات ظهرت فى تطبيق مثل هذه الطريقة صمم مشروعاً تتلخص فكرته فى عمل جهاز متحرك قام بتصميمه المهندس J-CAMBON الأخصائى فى تشييد الأساسات فى الهواء المضغوط ويعمل هذا الجهاز بالهواء المضغوط ويمكن أن يطفو من تلقاء نفسه فيعطى مرونة كبيرة فى التشغيل مع التقليل ما أمكن فى الحيز الذى يشغله وبذلك أمكن الاستغناء عن السفينتين الملحقتين ، وبذلك تبلورت فكرة بناء رصيف ميناء برست بتكوينه بكامل طوله من صناديق من الخرسانة المسلحة ذات قاع تغطس إلى منسوب ١١ إلى ١٢ متراً تحت سطح الماء ترتكز على أساس ينفذ مقدماً بالاستعانة بأجهزة معدنية متحركة تعمل بالهواء المضغوط .

إن مخترع الجهاز الحديث بحث فى تحسين وتبسيط الأجهزة

المتحركة القديمة فقد أدخل استعمال الهواء المضغوط لتفريغ الخزانات كما جهزت هذه الخزانات من أعلى بمواسير وصول الهواء المضغوط كما زودت بمحابس كبيرة لخروج الماء من أسفل . بفتح هذه المحابس وإدخال الهواء المضغوط من أعلى فإنه يمكننا بسرعة طرد الماء طرداً كاملاً فيصعد الجهاز أتوماتيكياً بدون الاستعانة بأى نوع من المضخات . كما أن الجهاز مزود بحجرة اتزان موضوعة فوق سقف حجرة العمل . كما درست بكل عناية ودقة أماكن دخول وخروج الهواء وذلك للحصول على الإتزان الكامل أثناء طفو الجهاز فى مختلف مراحله وقد درس الثبات الكامل للجهاز فى وضعه النهائى عند التشغيل . بذلك استطاع المخترع باستيفاء هذه الدراسة الوصول إلى جهاز يمكن طفوه سهل تحريكه يعمل فقط بالهواء المضغوط سواء لإزالة أو لرفعه ، أحيطت خزانات الطفو بهيكل معدنى تعلوه أرضية يتحرك العمال فوقها . هذه المجموعة تكون وحدة الجهاز الذى يمكن سحبه إلى مكان العمل بدون أدنى صعوبة .

وقبل البدء فى وصف الجهاز نذكر أن شركتى المقاولات Dumez et dobin الذين أسند إليهما العمل قد كلفا ورشة fives lille للأشغال المعدنية بتنفيذ هذا الجهاز .



شكل يبين الجهاز المعدني المتحرك للمهندس
أ ، ب ، حـ ، ء خزانات الطفو - ١ ، ٢ هاويس دخول المواد
٣- هاويس حجرة الاتزان ٤- هاويس النزول

يتكون الجهاز المعدنى الذى يعمل بالهواء المضغوط كما فى الشكل السابق من الأجزاء الآتية :

(١) الجزء السفلى من الجهاز :

يتكون من (أ) حجرة العمل بارتفاع ٢ متر وبمسطح عند منسوب السكينة ١٤٥ متر مسطح (١٢,٩٤ متر × ١١,٤٤ متر) .

(ب) يعلو الارتفاع الكلى حجرة العمل حجرة الاتزان التى ترتفع ٠,٨٠ متر تقريباً .

ويصل الارتفاع الكلى لحجرة الاتزان وأسماك ألواح المعدن ٣,٠٩٦ متر .

(٢) الجزء العلوى من الجهاز :

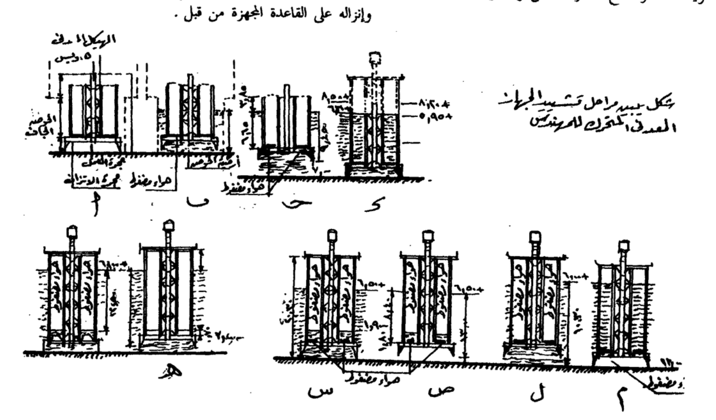
يعلو حجرة العمل وحجرة الاتزان هيكلاً معدنياً بارتفاع ١٧,٥ متر كما يوجد ٤ خزانات مثبتة فى الجزء العلوى لحجرة العمل ومربوطة فى الهيكل المعدنى . قطر الخزان الواحد ٢,٨٥ متر وارتفاع ١٧,٤٠ متر من ألواح الحديد الصلب سمك ٠,٦ سم . يعلو الجزء العلوى من الهيكل المعدنى أرضية ١٢,٥ × ١١,٥ متر محاطة بدرابزين من الحديد يتحرك عليها العمال لتشغيل كل أجزاء الجهاز ، هذا التشغيل ينحصر فى تحريك الجهاز نفسه والتحكم فى الهواء الداخل والخارج من هاويسات الهواء وملء وتفريغ خزانات المياه . يحوى كذلك الجزء العلوى أربع مداخل قطر الواحدة متر واحد تصل مختلف هاويسات الهواء مع حجرة العمل وحجرة الاتزان .

مراحل تشييد الجهاز :

لم يسمح الارتفاع الكلى للجهاز بتشييده كله فى الحوض الجاف المعد لبناء الغواصات حيث إن ارتفاع الجهاز يفوق ارتفاع الحوض الجاف مما أدى إلى تنفيذه على مرحلتين : المرحلة الأولى فى الحوض الجاف ، والثانية على قاعدة على منسوب ٧ متر أسفل سطح الماء .

المرحلة الأولى :

نفذ فى الحوض الجاف جزء الجهاز لارتفاع ١٥,٥م من منسوب سكينة حجرة العمل . يحتوى هذا الجزء على حجرة العمل وحجرة الاتزان والأربع خزانات لارتفاع ١٠,٥م . يبلغ ارتفاع الهيكل المعدنى ١٠,٥م أيضاً والمداخن ارتفاعها ١٣,٥م ويكون هذا الجزء من الجهاز مجموعة يمكنها أن تطفو . كما أمكن إخراجه من الحوض الجاف وسحبه إلى البحر وتغطيسه إلى منسوب القاعدة . حتى يمكن إتمام بناء الجهاز وقبل إخراجه من الحوض نفذت هذه عدة تجارب لاختبار عزل أجزاء الجهاز المختلفة . والشكل التالى أ ، ب يبين جزء الجهاز فى الحوض الجاف فى الشكل (ب) أدخل الماء فى الحوض الجاف إلى ارتفاع ٨,٤٠ متر فملأت المياه حجرة الاتزان لتجنب تعرضها للضغط الخارجى العالى . ولكن لما وصل المنسوب الخارجى للماء إلى ٧,٥م لحركة الجزر طردت هذه المياه بالاستعانة بالهواء المضغوط وبذلك أمكن للجهاز أن يطفو . وعند المد ارتفع منسوب الماء فى الحوض أمكن إخراج الجهاز وسحبه وتغطيسه وإنزاله على القاعدة المجهزة من قبل .



المرحلة الثانية :

أن الشكل (جـ ، د) يعطى فكرة عن حالة الجهاز فوق القاعدة ففى الشكل (جـ) نجد الجهاز عائماً أثناء حركة المد للبحر كما أن خزانات المياه لازالت فارغة . ثم بدأ فى وضع أثقال حديدية فى الخزانات .

أما الشكل (د) فنجد الجهاز غاطساً والخزانات مملوءة بالماء ، سمح هذا الوضع باستكمال تنفيذ الجهاز كما توضحه الخطوط المنقطة بالشكل .

أما الشكلان (س ، ص) فيبينا مراحل العمل على طفو الجهاز ، ففى الشكل (س) نلاحظ الإدخال الجزئى للهواء المضغوط فى خزانات الطفو وفى حجرة الاتزان ، والشكل (ص) يبين الجهاز عندما اكتمل وبدأ يطفو .

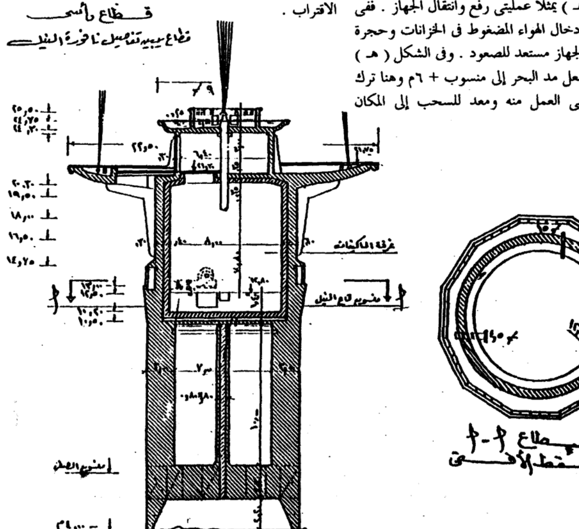
الشكلين (ل ، م) يبينا وضع الجهاز أثناء التغطيس ، فالشكل (ل) يبين الجهاز وهو ما يزال يطفو بالاستعانة بالهواء المضغوط بالخزانات . وفى الشكل (م) نجد أن عملية التغطيس قد انتهت وأدخل الهواء المضغوط فى حجرة العمل .

الشكلين (ن ، هـ) يمثلا عمليتى رفع وانتقال الجهاز . ففى الشكل (ن) نرى إدخال الهواء المضغوط فى الخزانات وحجرة العمل مملوءة بالماء والجهاز مستعد للصعود . وفى الشكل (هـ) نجد الجهاز مرفوعاً بفعل مد البحر إلى منسوب + ٦م وهنا ترك الجهاز الأساس المنتهى العمل منه ومعد للسحب إلى المكان الجديد للعمل .

مشروع نافورة النيل

بدأت الفكرة المعمارية بإنشاء محطة طلمبات فى الجزيرة تضغط المياه فى ماسورة وسط النيل إلى ارتفاع ١٠٠ متر . وبعد الدراسة عملت نافورات صغيرة تحيط بالنافورة الأصلية كما عملت قاعدة لهذه النافورات تعطيها منظراً جميلاً ثم تطورت الفكرة إلى وضع الطلمبات فى غرفة تامة العزل فى القاعدة تحت النافورة .

فجاءت النافورة على هيئة طبقين : الأول عند منسوب + ٢٤ متر تخرج من وسط النافورة الأصلية بارتفاع ١٠٠ متر بها ١٦ كشاف كهربائى ويفيض الماء من هذا الطبق إلى الطبق الثانى أسفله عند منسوب + ٢٠,٣٠ متر بقطر ٢٢ متر تخرج منه ٣٢ نافورة مائلة تجاه النافورة الأصلية يضيئها ٣٢ كشاف كهربائى كما أن هذا الطبق مزود بأربعة وستون ماسورة موزعة على الكورنيشة المحيطة ليخرج منها جميعها الفائض على هيئة ستارة مائية محيطة بجسم النافورة تضيئها ستة عشر كشاف كهربى وفى الوقت نفسه تعمل على تحذير المراكب من الاقتراب .



أساس النافورة :

وكان من الطبيعى أن ينفذ أساس هذه النافورة بطريقة الصندوق الثابت أو المفقود وقد أسس هذا الصندوق على منسوب – ٤,٠٠ متر تحت سطح الماء مع العلم أن منسوب قاع النيل فى هذه المنطقة هو + ١١,٥٠ متر كما هو موضح بالشكل السابق والصندوق مكون من ١٢ ضلعاً طول كل ضلع ٢,٩٥ متر وقطر الدائرة الممارسة لأضلاعه من الداخل ١١,٠ متر :

غرفة الطلمبات :

بقطر ٨ متر من الداخل موجودة أسفل النافورة . كان من اللازم أن تكون حوائط هذه الغرفة غير نافذة للماء ولذا اتبع الآتى :

(أ) عملت جميع فواصل الألواح الصاج باللحام .

(ب) عمل الحائط الخرسانى على شكل حائطين بينهما طبقة عازلة . فالحائط الخارجى الذى صب أولاً وسمكه ٦٥ سم صب بخرسانة مكونة من ٣٥٠ كيلو جرام أسمنت ، ٠,٨ م٣ زلط متدرج تماماً ، ٠,٤م٣ رمل مع استعمال الخلاط والهزاز الميكانيكيين ، وكانت الفواصل الأفقية تنظف تماماً قبل الرمى كما استعمل بها ألواح نحاس رأسية .

أما الطبقة العازلة فتكونت من أربعة طبقات من ألواح بيتومينية وذلك فى الجزء الأفقى عند منسوب + ١٠,٤٠ متر وحتى منسوب + ١٤,٠٠ متر ثم أصبحت ثلاث طبقات حتى منسوب + ١٨,٠٠ متر ثم طبقتين حتى أعلى منسوب وفوق سقف غرفة الماكينات وكانت تعمل طبقة دهان قبل وضع أى طبقة جديدة . أما الحائط الداخلى فسمكه ٣٥ سم صب بنفس نسبة الأسمنت بالحائط الخارجى .

(جـ) نفذت أرضية الغرفة من طبقتين من الخرسانة المسلحة السفلية وسمكها ٦٠ سم عليها أن تقاوم ضغط الماء من أسفل والماكينات وقواعدها من أعلى . والطبقة الثانية وهى عبارة عن قواعد للماكينات بها مجارى لتصريف مياه التبريد قد استعمل فى خلط الخرسانة ابتداء من غرفة الطلمبات مادة البارابلاست السائلة liquid barroplast وذلك لزيادة مقاومة نفاذ الماء كما استعمل فى خلط المونة التى غطيت بها الطبقان المكونان للنافورة مادة السلفوريسيت sulforisit وذلك للحصول على سطح صلب يتحمل صدمات نزول الماء .

إحصائيات :

١) بلغت كمية الحديد وكذا الألواح الصاج المستعملة فى الصندوق المفقود المكون لأساس النافورة حوالى ٦٨ طن .

٢) بلغت كمية الخرسانة العادية والمسلحة ١٨٨٠م٣ .

٣) بلغت كمية حديد التسليح المستعمل حوالى ٧٧ طن منها ٢٨ طن لكوابيل الطبق الكبير .

٤) كانت نسبة الأسمنت تتراوح بين ٣٠٠ ، ٤٠٠ كيلو جرام للمتر المكعب خرسانة .

٥) تم تنفيذ الصندوق المفقود المكون لأساس النافورة حتى منسوب + ١٩,٨٥ متر فى مدة شهرين من يونيو إلى اغسطس ١٩٥٦م .

٦) تم تنفيذ الجزء العلوى بعد فيضان سنة ١٩٥٦ من ١٥ أكتوبر حتى ٣١ ديسمبر سنة ١٩٥٦ .

الدعائم

الدعائم إحدى أنواع الأساسات العميقة القادرة على نقل أحمال الضغط كبيرة القيمة والمركزة ويمكن تصميمها وتنفيذها لتصبح قادرة على مقاومة القوى الأفقية والأحمال الرأسية غير المركزية . وتمثل الدعائم مرحلة متوسطة بين خوازيق التثقيب والقيسونات ، فتعامل معاملة خوازيق التثقيب إذ قل قطرها المكافىء عن ١,٥٠ متر ، وتختلف الدعائم عن القيسونات فى طريقة تنفيذها ، تنفذ الدعائم بالحفر وسند الجوانب إذا لزم الأمر . وعادة يسمح اتساع قطر الدعامة بوضع العامود عليها مباشرة دون استخدام هامة cap فوقها .

يتم إنشاء الدعامة بعمل ثقب فى الأرض يصل إلى الطبقة الحاملة بوسائل الحفر اليدوى أو الميكانيكى . وقد يتم توسيع قاعدة الثقب عند الوصول إلى الطبقة الحاملة إلى حوالى ثلاثة أمثال قطر الدعامة pier with enlarged base وذلك بهدف رفع كفاءة التحميل للدعامة أو لتقليل جهود التماس على الطبقة الحاملة . بعد التأكد من نظافة الثقب والقاع يملأ فراغ الثقب بالخرسانة العادية ، وقد يتم تسليحها بالكامل أو تسليح الجزء العلوى منها أو بوضع قطاع من الصلب داخل خرسانتها ، حسب ظروف التربة المحيطة وطبيعة الأحمال المنقولة ومتطلبات المنشأ وظروف الإنشاء .

عندما يكون هناك احتمالات قوية لحدوث انهيارات أو تداخلات من جوانب الحفر ، أو رشح داخل فراغ الدعامة ، فإنه يكون من الضرورى سند جوانب الحفر بغلاف دائم أو مؤقت أو باستخدام وسائل الحفر .

أنواع الدعائم :

يمكن إنشاء الدعائم فى اليابسة أو فى وسط مائى .

١) دعائم فى اليابسة :

أ) دعائم منشأة بالحفر اليدوى :

قد تسند فيها جوانب الحفر بأنواع من الخشب (طريقة شيكاغو – chicago method ولا يقل القطر فيها عن حوالى

٠,٩ متر أو يتم سند جوانب الحفر بأجزاء أسطوانية من الصلب تكون فى النهاية شكلاً تلسكوبياً للدعامة (طريقة جاو Gow method) .

ويقل قطر كل جزء عن الجزء الذى يعلوه بحوالى ٥٠مم على ألا يقل أصغر قطر عن حوالى ١,٢٠ متر . وفى حالة اختراق تربة ضعيفة أو متهايلة ، يتم دق الغلاف قبل تفريغ الثقب .

ب) دعائم منشأة بالحفر الميكانيكى :

يتم الحفر باستخدام معدات الحفر المختلفة مثل البريمة auger أو الكباش bucket أو أظافر التفتيت chopping bits أو كباش التفتيت chopping bucket تستعمل معدات التفتيت للطبقات الصلبة أو المحتوية على أحجار أو زلط كبير ، كما تستعمل آلة بنتو Bonoto machine للحفر فى الأحوال الصعبة أو الشاقة .

٢) دعائم فى وسط مائى (دعائم الكبارى والمنشآت البحرية) :

يتم إنشاؤها فى المجرى المائى أو البحر داخل حواجز cofferdams بإحدى الطريقتين التاليتين :

أ) إنشاء الدعامة بالحفر فى وسط جاف :

ـــ يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة أسفل قاع النهر أو البحر مع تنفيذ المراحل الأولى للسند تحت الماء . يعقب ذلك تخفيض منسوب المياه داخل الحاجز ، ثم الحفر واستكمال مراحل السند مع تقدم الحفر حتى بلوغ الطبقة الحاملة فى وسط جاف تماماً .

يتم تنفيذ أساس الدعامة وجسمها مع المحافظة على جفاف الموقع أثناء التنفيذ كما فى الشكل التالى .

ب) إنشاء الدعامة بالحفر تحت الماء :

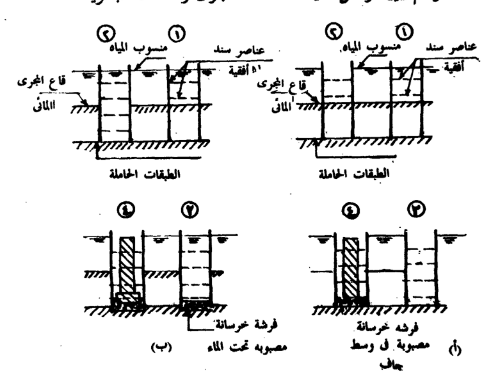
ـــ يتم دق الحاجز حتى بلوغ الطبقة الحاملة وتنفيذ جميع أعمال الحفر والسند تحت الماء .

ـــ يتم سد seal القاع بصب فرشة خرسانية tremie mat تحت الماء ذات وزن كاف لمقاومة الدفع الهيدروستاتيكى إلى أعلا .

يتم ضخ الماء من داخل الحاجز ثم تنفيذ الدعامة فى وسط جاف كما فى الشكل التالى .

هذا النوع من التأسيس أكثر اقتصاداً من القيسونات إذا كان عمق التأسيس أقل من حوالى ١٢,٠٠ متر تحت الماء . ولكن من عيوبه احتياجه لتنفيذ برنامج لسحب الماء باستمرار أثناء فترة الإنشاء أو تنفيذ فرشة خرسانية ذات وزن كاف لمقاومة ضغط الرشح إلى أعلا .

رسم يبين مراحل تنفيذ دعامات الكبارى والمنشآت البحرية



٣) قدرة التحمل للدعامة :

تستمد الدعامة قدرتها على الحمل أساساً من مقاومة الارتكاز عند قاعدتها عندما ترتكز على أو فى رمل كثيف ، رمل وزلط ، أو صخر . وقد تمثل مقاومة الاحتكاك على الجوانب جانباً هاماً فى بعض الحالات . كما يجب مراعاة تأثير الاحتكاك السلبى على الجوانب على قدرة تحمل الدعامة عندما تسبب الظروف المحيطة

تولده . وعموماً يجب أخذ عينات من التربة مع تقدم حفر الدعامة وحتى منسوب قاع الدعامة للتأكد من الوصول إلى طبقة الارتكاز المطلوبة . كما يجب ألا يقل معامل الأمان بالنسبة لقدرة تحمل الدعامة عن ٣ .

ومع ذلك فإن قيم الهبوط المسموح به للدعامة يعتبر العامل الحاكم للتصميم وليست قدرة التحمل ، أما فى حالة التأسيس على سطح الصخر أو بداخل طبقة صخرية فيستخرج عينات لبية من الصخر cores وتختبر ويجب ألا يتعدى الجهد المسموح به $\frac{١}{٥}$ — $\frac{٥}{٨}$ مقاومة الضغط غير المحاط للصخر وفقاً لدرجة التأكد من وجود سلامة الطبقة الصخرية . وعند اختراق الدعامة للطبقة الصخرية تضاف مقاومة الاحتكاك لهذا الجزء إلى مقاومة الارتكاز وتقدر بقيمة التماسك بين الخرسانة والصخر وتقدر بحوالى($.06 F_{cu}$ - .035)حيث F_{cu} تساوى جهد الكسر لمكعب الخرسانة القياسى .

يراعى فى تصميم وتنفيذ الدعائم ما يلى :

١) تصميم الدعامة كعامود قصير .

٢) فى جميع الأحوال يجب تسليح الجزء العلوى من الدعامة بتسليح رأسى بطول لا يقل عن ٦,٠٠ متر وبما لا يقل عن ٠,٥٪ من مساحة مقطع الدعامة . كما يجب مد التسليح بكامل سمك الطبقات الضعيفة إن وجدت .

٣) فى حالة وضع الأعمدة مباشرة على الدعائم مع الاستغناء عن الهامة يجب تزويدها بشبكة حديد أفقى قادرة على مقاومة ما لا يقل عن ١٠٪ من الحمل الرأسى لمقاومة قوى الشد الأفقية .

٤) عند حساب قدرة تحمل قطاع الدعامة ذات الغلاف الدائم يخفض الغلاف بالقدر المحتمل فقده بالتآكل (حوالى ٣ ملليمتر) .

٥) لا يسمح بترحيل فى محور الدعامة عن مكانه التصميمى بما يزيد عن ٧٥ ملليمتر . ولا بميل يزيد عن ١٪ مع أخذ هذا السماح فى الاعتبار عند التصميم :

٦) يجب التأكد من نظافة قاع الحفر قبل صب الخرسانة .

٧) فى حالة اللجوء إلى الدعائم ذات القواعد المتسعة يجب مراعاة استمرارية الصب بين القاعدة وجسم الدعامة وعدم السماح بتكون فاصل بينهما .

٨) يجب دراسة احتمالات حدوث هبوط للمنشآت المجاورة نتيجة لتسرب التربة بسبب التهايل أو سحب المياه . وإذا كان ذلك الهبوط يسبب خطورة يجب اتباع أسلوب آخر للتأسيس .

٩) تهز الخرسانة لتكثيفها فى الثلاثة أمتار العلوية من الدعامة .

١٠) يجب التأكد عند صب الخرسانة من عدم حدوث انفصال لمكونات الخرسانة وعدم حدوث تكهفات أو اختناقات فى جسم الدعامة .

١١) فى حالة انسياب أو رشح المياه بكميات كبيرة يسمح للماء بالانسياب داخل الثقب حتى يصل إلى منسوب الاتزان static level ثم تصب الخرسانة داخل ماسورة ذات قمع tremie pipe يتم انزالها حتى قاع الثقب . وفى هذه الحالة يجب أن يظل سطح الخرسانة أعلا من قاع القمع بما لا يقل عن ١,٥ متر .

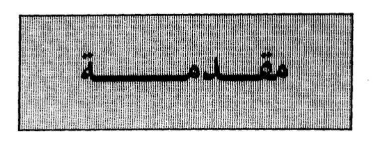
١٢) يجب أن تكون الخرسانة المستعملة فى صب الدعامة ذات slump = ١٢٥ — ١٧٥ ملليمتر .

٤) احتياطات الأمان :

بالإضافة إلى جميع الاحتياطات الأمان الخاصة بأعمال التنفيذ يجب حماية العمال ضد خطر التهايلات والانهيارات بالعناية بسند جوانب الحفر . كذلك حمايتهم ضد أخطار تفجر جيوب الغاز التى تؤدى إلى الاختناق أو حدوث حرائق . وتقل خطورة الاختناق إذا استعمل الهواء المضغوط فى إدارة الحفر اليدوى . كذلك يجب اتخاذ احتياطات الأمان الخاصة بالعمل داخل الأنهار والبحار فى حالة تنفيذ دعامات الكبارى كما يجب تزويد الموقع بإمدادات الطوارىء إذا كان الموقع خارج المدينة .

الجـزء الثالث

الحوائط الساندة



الجزء الثالث الحوائط الساندة

الحوائط الساندة

الحوائط الساندة هى منشآت تستعمل لسند الأتربة أو الحبوب أو الفحم أو الماء وهى تعمل لتوفير الاتزان للتربة أو المواد الأخرى حيث لا تسمح الحالة بتوفير الاتزان بميول طبيعية أو صناعية .

وتصنف هذه الحوائط إلى نوعين :

الأول : يعتمد على المقاومة الجانبية لحركة الحائط عن طريق ضغط التربة السلبى **passive pressure** لمنع حركة الحائط وتوفير الاتزان الكلى للميل .

والثانى : يعتمد على الأوزان الرئيسية التى تعمل على تكوين الاحتكاك عند القاعدة وعلى جعل المحصلة للقوى تقع فى الثلث الأوسط أو فى ربع القاعدة ، وذلك النوع هو الذى نقوم بدراسته فى هذا الجزء ويحتوى على ثلاثة أبواب :

الباب الأول : ويشمل استكشاف الموقع واعتبارات تنفيدية وفواصل الإنشاء ، وتحتوى على المسافة بين الجسات وأعماقها ، التجارب الحقلية والمعملية وأنواع الانهيارات الشائعة للحوائط ، معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة ... إلخ .

الباب الثانى : اعتبارات هامة عند التصميم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب وهي تعريف للحوائط الساندة ، والضغوط والأسس اللازمة لتصميم الحوائط الساندة وحل عدة أمثلة للحوائط المبنية من الطوب التى لم يفرض لها أبعاد للقاعدة ، وحل طريقة تصميم الأساسات لهذه الحوائط من خرسانة عادية ، وخرسانة مسلحة ، خوازيق خشبية وخوازيق خرسانة عادية (خوازيق استراوس) .

الباب الثالث : تصميم الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة التى تعمل ككابولى ، والتى تعمل بدعامات ، وتنحصر فى الآتى :

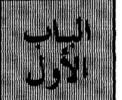
أ – الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والتى فرض لها أبعاد للقاعدة تقريبية ثم يتم عمل **check** على هذا الحائط لاستنتاج هل الأبعاد التى فرضت تفى أم يعاد فرض أبعاد أخرى تفى بالإجهادات المطلوبة .

ب – الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة التى تعمل كحائط كابولى وهى عبارة عن بلاطة رأسية مرتبطة مليثياً بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية ، وعند تصميم السلاح استعمل طريقة تقريبية مأمونة لإظهار قوى العزوم وقوى القص .

جـ – الحوائط الساندة من الخرسانة ذات الدعامات (Butresses) وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط مع القاعدة ذات البلاطة الأفقية بواسطة سندات أمامية أو خلفية ترتبط مع السلاح والقاعدة مليثياً ، وقد استعملت نفس الطريقة التقريبية لتصميم الحائط .

وعلى العموم تم حل أربعة عشر نموذجاً لجميع الأنواع السابقة مع شرح وتحليل لكل نموذج ، والأسس التى بنى عليها التصميم . أما عن النظريات فقد استعملت نظرية (رانكين) فى جميع الحلول لهذه الأمثلة .

والله الموفق **المؤلف**



استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء

أولاً : أعمال استكشاف الموقع والتجارب الحقلية والمعملية :

المسافة بين الجسات وأعماقها :

عند البدأ فى أعمال استكشاف الموقع يتعذر تحديد عمق الجسات والمسافة بينها بصورة نهائية وعلى هذا يجب اتباع المقترحات الآتية أثناء تنفيذ برنامج استكشاف التربة على أن تتم مراجعة هذا البرنامج وتعديله أثناء تنفيذه .

يجب ألا يقل عمق الجسات عما يلى :

أ) منسوب أى مادة عضوية أو ردم أو طبقة قابلة للانضغاط .

ب) عمق مستويات الانزلاق المحتمل حدوثها .

جـ) ضعف عرض قاعدة أساس الحائط .

إذا كان من المقترح التأسيس على خوازيق يجب أن يصل عمق الجسات إلى أسفل الطبقة الحاملة للخوازيق . يوضح الجدول التالى قيم مبدئية لعدد الجسات والمسافات بينها .

جدول يبين قيم مبدئية للمسافة بين الجسات وعددها

نوع المنشأ	المسافة بين الجسات (متر)			أقل عدد من الجسات
	أرض منتظمة	أرض متوسطة الانتظام	أرض غير منتظمة	
أكتاف الكبارى	—	٣٠	١٠	٢
حوائط ساندة	٢٠٠ - ٣٠٠	٦٠ - ٢٠٠	٢٠ - ٣٠	—

التجارب الحقلية والمعملية :

يجب تحديد قيم وزن وحدة الحجوم (γ) والتماسك (C) وزاوية الاحتكاك (Φ) من تجارب معملية على عينات ممثلة لحالة التربة خلف الحائط بعد الإنشاء .

من المفضل تحديد هذه القيم قبل التصميم . وإذا لم يتم تحديدها قبل التصميم فيجب اختيار نوع الردم الخلفى وطريقة وضعه لتحقق الافتراضات التى أخذت عند التصميم .

تعين زاوية الاحتكاك (Φ) للتربة الرملية باستخدام جهاز صندوق القص المباشر . إذا استخدم جهاز القص ذو الثلاث محاور فيجب زيادة زاوية الاحتكاك (Φ) بمقدار ١٠٪ لحالة التربة الرملية الكثيفة أو المتوسطة الكثافة . أما فى حالة التربة الرملية الهائشة فتظل قيمة زاوية الاحتكاك كما هى .

تعين معاملات القص للتربة الطينية فى المعمل بواسطة جهاز الضغط ذو الثلاث محاور أو جهاز صندوق القص المباشر . ويمكن تعيين مقاومة التماسك (C_u) للتربة الطينية المشبعة باستعمال جهاز الضغط غير المحصور .

تعين (C_u) للتربة الطينية المشبعة فى الموقع من اختبار تحميل اللوح المرتكز عند سطح الأرض أو من اختبار القص المروحى أو من اختبار الاختراق بالمخروط الإستاتيكى أو باستخدام جهاز ضغط التربة الأرضى (Pressure meter) .

ويلاحظ عموماً أن قيم (C_u) تتغير مع العمق حتى فى حالة الطبقات التى تبدو متجانسة لذلك تجرى التجارب على عينات مختلفة على أعماق مختلفة وترسم العلاقة بين (C_u) والعمق وتؤخذ القيم المتوسطة .

ويجب عند تعيين إجهاد التماسك فى حالة التربة الطينية الأخذ فى الاعتبار أقل قيمة متوقعة ممكن حدوثها خلال العمر الافتراضى للمنشأ .

٣) معاملات الأمان فى اختبار القيم التصميمية لخصائص التربة .

يجب أن تخفض قيم معاملات القص C_u أو $\bar{C}$ أو Φ' التى تعين من تجارب معملية أو حقلية لتصبح (Φ'_m, C^+_m, C_{um}) بمعاملات أمان F_c ، F_Φ بحيث تكون كما يلى :

$$\left.\begin{aligned} C_{um} &= \frac{C_u}{F_c} = \frac{C_u}{1.3} \\ C_m &= \frac{C}{F_c} = \frac{C}{1.3} \\ \tan\Phi^-_m &= \frac{\tan\Phi^-}{F_\Phi} = \frac{\tan\Phi^-}{1.1} \end{aligned}\right\} \text{معادلة رقم (١)}$$

ثانياً : اعتبارات تنفيذية :

١) **الردم خلف الحوائط** : الردم الخلفى هو التربة التى توضع خلف الحائط الساند بعد الإنشاء تملأ الفراغ بين الحوائط والأرض الطبيعية . ويعتبر وضع طبقة تصريف المياه بها ذو أهمية قصوى .

المواد المستخدمة : الردم المثالى يجب أن يكون ذا نفاذية عالية وذا معاملات قص عالية تحت الظروف المحتمل تعرض المنشأ لها . بحيث لا يسبب ضغوطاً كبيرة على الحائط – يفضل استخدام كسر الحجارة ذات الأحجام المتدرجة أو الزلط أو الرمل . ولا يفضل استخدام التربة الطينية التي يمكن أن تتعرض لظروف موسمية تؤدى إلى حدوث انتفاخ أو انكماش بها أو ضعف فى مقاومتها . كما يجب تجنب استخدام المواد العضوية فى الردم .

فى اختيار الردم الخلفى : يجب استخدام المواد المتاحة فى الموقع أولاً إذا كانت مناسبة . أما إذا لم تكن ملائمة فتستبعد وتستخدم مواد موردة مناسبة .

إذا صممت الكبارى على أكتافها مثبتة من أعلى فيجب عدم وضع الردم الخلفى إلا بعد الانتهاء من صب الجزء العلوى من الكوبرى .

كما يجب وضع الردم الخلفى على ارتفاعات متساوية لكل الأكتاف فى نفس الوقت إلا إذا صممت الأكتاف على إجهادات إضافية نتيجة الردم غير المتماثل . عند وضع الردم الخلفى خلف الستائر اللوحية يجب عدم تثبيت الشدادات حتى يتم انضغاط الردم لتجنب انحناء الشدادات ومن الممكن تحسين خصائص الردم الخلفى بتثبيته أو بوضع شرائط تسليح داخله .

قياس درجة الدمك : يلزم دمك الردم الخلفى جيداً أثناء وضعه ويجب التأكد من درجة الدمك وخصوصاً بالقرب من الحائط الساند بعمل الاختبارات الحقلية اللازمة .

وضع الردم الخلفى : إذا استخدمت المندالة اليدوية فى الدمك فيجب وضع الردم على طبقات لا يزيد سمكها عن ١٥ سم قبل الدمك ، ١٠ سم بعد الدمك . أما إذا استخدمت مندالة ميكانيكية فيجب ألا يزيد سمك كل طبقة عن قطر المندالة ويفضل دمك الردم الخلفى يدوياً بجانب المرابط الخلفية ومواسير الصرف .

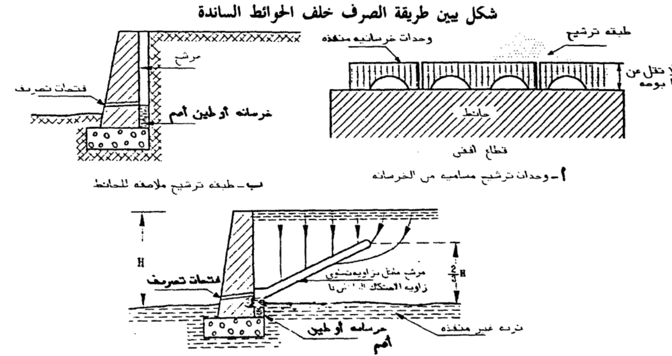
الصرف خلف الحوائط : يجب الردم خلف الحوائط الساندة بمواد منفذة للمياه على أن يتم عمل مرشح خلف هذه الحوائط ويكون هذا المرشح بكامل طول الحائط أو ملاصق تماماً لظهره .

فى المناطق غزيرة الأمطار ينفذ المرشح خلال طبقة الردم الخلفى مائلاً بزاوية ميل الردم الطبيعى .

وتستخدم البلوكات الخرسانية المسامية أو الزلط أو كسر الأحجار فى تنفيذ المرشحات . كما فى الشكل التالى ويجب ألا يقل سمك المرشح من البلوكات الخرسانية المسامية عن ١٠٠مم بينما لا يقل سمك المرشح من الزلط أو كسر الأحجار عن ٥٠٠مم للمرشح ذى الطبقة الواحدة و ٢٥٠مم للطبقة الواحدة فى حالة المرشح متعدد الطبقات .

يجب أن يزود الحائط بفتحات لتصريف المياه من المرشحات ويصمم المرشح ليتناسب تدرج ومقاس حبيباته مع التدرج الحبيبى للردم الخلفى وفتحات تصريف المياه وذلك وفق مواصفات تصميم المرشحات .

شكل يبين طريقة الصرف خلف الحوائط الساندة



أ – وحدات ترشيح مساميه من الخرسانه

ب – طبقه ترشيح ملاصقه للحائط

ج – طبقه ترشيح مائله

ثالثاً : الفواصل : فواصل الإنشاء :

فى الحوائط الخرسانية يجب تقليل فواصل الإنشاء بقدر الإمكان كما يجب توضيحها بالرسومات التنفيذية .

ويجب عمل فواصل إنشاء أفقية عند اتصال جذع الحائط والدعامات بالقاعدة . وكذلك على ارتفاعات محددة من الجذع والدعامات .

كما يجب اختيار أماكن الفواصل الرأسية عند قطاعات الحائط التى يكون إجهاد القص فيها صغيراً .

فواصل التمدد : يجب عمل فواصل تمدد رأسية بكامل ارتفاع الحائط . يتراوح سمكها بين ١٣ مم ، ١٩ مم تملأ بمادة لها خاصية الرجوعية (بيتومين) ويتم عمل هذه الفواصل كل ٣٠ متر . فى حالة الحوائط ذات الدعامات الأمامية يفضل عمل فواصل التمدد عند موضع الدعامة بتنفيذ دعامتين عند الفاصل .

فواصل الهبوط : يتم عمل فواصل هبوط عند أماكن التغير فى قطاع الحائط الساند . وعند أماكن التغير فى نوع التربة الحاملة للمنشأ . وعند أماكن التغير فى الأحمال . كما فى حالة الكبارى حيث يتم فصل أجنحة حوائط الكبارى عن أكتافها .

رابعاً : تسليح الحائط : غطاء حديد التسليح :

يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى على حديد التسليح عما يلى :

١) قطر أكبر سيخ بالقرب من السطح الخارجى للحائط أو واحد بوصة أيهما أكبر .

٢) قطر أكبر سيخ تسليح بالقرب من السطح الخارجى للحائط أو واحد ونصف بوصة أيهما أكبر وذلك للحوائط الساندة المعرض سطحها إلى مياه عذبة .

٣) قطر أكبر سيخ تسليح بالقرب من السطح الخارجى للحائط أو اثنين بوصة أيهما أكبر وذلك للحوائط الساندة المعرضة إلى مياه البحر .

حديد التسليح الثانوى :

لتثبيت الحديد الرئيسى وللتغلب على الشروخ الناتجة عن الانكماش يجب وضع حديد ثانوى موزع بانتظام فى اتجاه عمودى على اتجاه الحديد الرئيسى .

وفى الحوائط التى يزيد سمكها عن ١٥ سم توضع طبقتين من حديد التسليح (فى اتجاهين متعامدين عند كل جانب « سطح » بحيث لا تقل مساحة مقطع حديد التسليح فى أى اتجاه عن ٠,٢٥٪ من مساحة المقطع الخرسانى) .

خامساً : صيانة الحوائط :

يجب الكشف على المنشأ الساند على فترات زمنية للتحقق من :

١) عدم تغير الافتراضات التى اعتبرت فى التصميم .
٢) حالة المواد التى استخدمت فى المنشأ .
٣) عدم حدوث إزاحة للمنشأ .

إذا تبين وجود أى خلل يجب إجراء الإصلاحات اللازمة .

الصيانة الإنشائية : يجب فحص كحلة الفواصل على فترات زمنية منتظمة . كما يجب إعادة عمل الكحلة مرة ثانية إذا لزم الأمر . يجب أن تكون المونة المستخدمة فى إعادة الكحلة ذات مقاومة مساوية لمقاومة المونة التى استخدمت عند إنشاء الحائط الساند مع مراعاة استخدام المواصفات الخاصة بالمون .

يجب إصلاح أى خدوش تحدث لأسطح الحوائط الخرسانية أو الخوازيق بدون تأخير خوفاً من تعرض حديد التسليح للتآكل .

يجب فحص وصلات التمدد على فترات زمنية منتظمة للتأكد من عدم حدوث أى عيوب فى المواد التى تملؤها .

يجب تنظيف فتحات الصرف بانتظام لتؤدى وظيفتها بالكامل .

الكشف على طبقات التبطين الأمامية : تزود المنشآت البحرية أو النهرية بطبقة تبطين أمامية . يجب فحص هذه الطبقات بانتظام للتأكد من سلامتها . الحوائط الساندة البحرية التى تزود بطبقة تبطين أمامية يجب مراجعة منسوب التربة أمام هذه المنشآت دورياً وإذا وجد أى تغيير فى منسوب التربة فيجب عمل الحماية اللازمة .

رصد تحرك الحوائط الساندة : يجب الملاحظة الدقيقة لتحركات الحوائط الساندة فى الحالات الآتية :

١) إذا ظهر دليل على تحرك الحائط الساند .
٢) إذا حدث انهيار جزئى للحائط الساند .
٣) إذا كان المحتمل حدوث هبوط لسطح الأرض .
٤) إذا أنشىء الحائط الساند فى مناطق حدث بها من قبل انهيارات لحوائط ساندة .

يجب عمل مسح كامل للمنشأ فى الأحوال السابقة باستخدام الأجهزة المساحية المتاحة . ويجب قياس الإزاحة الحادثة بالنسبة إلى نقطة ثابتة بعيدة عن منطقة تأثير حركة التربة على فترات زمنية للتأكد من توقف الحركة .

إذا ثبت وجود إزاحة فعلية للمنشأ الساند فيجب قياس جميع الإحداثيات الأفقية والرأسية لجميع النقط الرئيسية للمنشأ

وكذلك مناسيب الأرض والسكك الحديدية والطرق بالقرب من الحائط الساند . وكذلك يجب أخذ عينات من التربة لتحديد خصائصها . كما يجب تسجيل الحالة اليومية للطقس وحالة نظام الصرف وكذلك عمليات الإنشاء والهدم بالقرب من المنشأ الساند . والملاحظة الدقيقة لتحرك المنشأ مع تحديد أماكن التشققات الحادثة سوف تساعد بالتأكيد على تحديد ومعرفة أسباب المشكلة .

سادساً : أنواع الانهيارات الشائعة للحوائط :

يوضح الشكل التالى أنواع الانهيارات الشائعة الحدوث فى الحوائط الساندة والتى تتلخص فيما يلى :

(١) انزلاق التربة المحيطة : يحدث هذا بسبب نقص تماسك التربة أو إزالة الجزء الساند من التربة من أمام القدم وهذا النوع من الانهيار يحدث عادة فى التربة الضعيفة التماسك .

(٢) دوران حول نقطة قرب قاعدة الحائط :

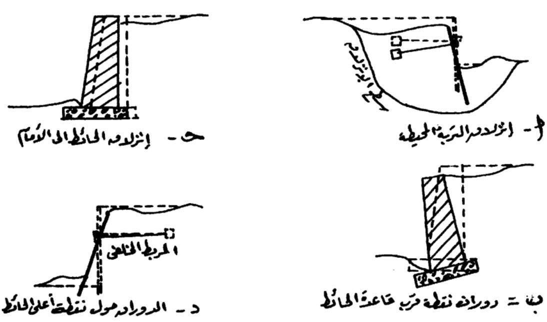
السبب الرئيسى لحدوث هذا النوع من الانهيار هو الهبوط الغير متساوى للحائط والذى ينتج عن دوران الحائط حول نقطة قرب القاعدة .

وفى حالة الحوائط المرتكزة على صخر يمكن أن يحدث هذا النوع من الانهيار عندما تقع المحصلة خارج قاعدة الحائط .

وفى حالة الستائر اللوحية يحدث هذا الانهيار إما نتيجة كسر الشداد أو انزلاق المربط الخلفى .

(٣) انزلاق الحائط إلى الأمام : يحدث هذا النوع من الانزلاق عندما لا تتواجد مقاومة كافية ناتجة عن الاحتكاك والتماسك بين القاعدة والتربة أو من الضغط المقاوم للتربة أمام الحائط .

٤) الدوران حول نقطة أعلى الحائط : يحدث هذا النوع من الانهيار عندما لا يكفى الضغط المقاوم أمام الجزء السفلى من الحائط فى حفظ اتزانه بينما الحائط ممنوع نسبياً عند أعلاه من الحركة مثال ذلك الحوائط من الستائر اللوحية ذات المربط الخلفى وأكتاف الكبارى .



شكل يبين الانهيارات الشائعة للحوائط

سابعاً : إصلاح الحوائط (طرق إعادة اتزان المنشآت الساندة) :

إذا ظهرت أى إشارة لبدأ حدوث انهيار جزئى بالمنشأ الساند فيمكن إعادة اتزان المنشأ والمحافظة عليه إذا أمكن تحديد أسباب بدأ الانهيار . لا توجد قوانين عامة محددة لعلاج هذه الحالات . بل يجب النظر لكل حالة على حدة وفيما يلى بعض حالات الانهيار الشائعة وطرق علاجها .

(١) فى حالة فقد اتزان المنشأ نتيجة وجود مستوى انهيار قص يمر من تحت المنشأ . فيمكن التغلب على هذا بدق ستائر لوحية أمام الحائط الساند لقطع مستوى الانهيار كما هو موضح بالشكل التالى (أ) أو بوضع طبقة من الردم أمام الحائط إذا سمحت طبيعة المنشأ بذلك .

(أ) الحائط
دائرة الانزلاق
ستارة لوحية

شكل يبين ستارة لوحية لمنع حدوث الانزلاق

٢) فى حالة حدوث ميل للحائط أو تحرك للأمام أو الاثنين معاً . يكون ذلك نتيجة زيادة الضغوط الجانبية على الحائط الساند بسبب وجود أحمال حية أو زيادة وزن وحدة الحجوم للردم الخلفى نتيجة تشبع الردم بالماء أو نقصان الضغط المقاوم المتولد أمام الحائط . فيمكن فى هذه الحالة إنشاء عنصر ضاغط مثبت إلى كمرة كما هو موضح بالرسم التالى (ب) أو يستبدل جزء من الردم الخلفى بمادة خفيفة الوزن أو رمل مثبت بالأسمنت وذلك لتخفيف الضغط الجانبى على الحائط كما هو موضح بالشكل التالى (جـ) .

الشكل التالى (د) يوضح حالة يتم فيها إزالة الضغط الجانبى المؤثر على الحائط بالكامل وذلك بإنشاء حائط ساند خلف الحائط الساند القديم .

(ب)

شكل يبين عنصر ضاغط مثبت إلى الكمرة لمنع تحرك الحائط إلى الأمام

(جـ)

شكل يبين إزالة الضغط الجانبى على الحائط

(د)

شكل يبين إزالة الضغط الجانبى من على الحائط

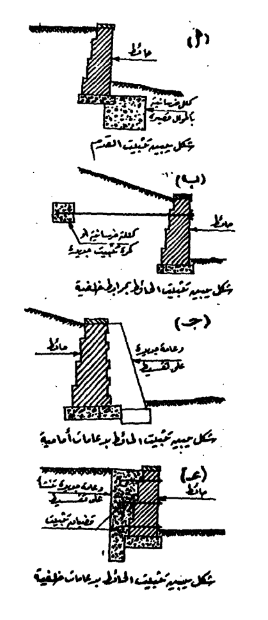
٣) يمكن تثبيت الحائط من القدم وذلك بعمل حفر بأطوال صغيرة أمام القدم ثم ملؤها بالخرسانة كما هو موضح بالرسم التالى (أ) .

٤) يمكن التغلب على مشكلة ميل الحائط وذلك من أعلى بشدادات تنتهى بمرابط خلفية كما هو موضح بالرسم التالى (ب) ويجب توزيع قوة الشد باستعمال مدادات تثبت على طول الحائط .

٥) يمكن عمل دعامات أمامية Buttresses للمنشأ الساند مصممة لتعمل مليئياً مع المنشأ الساند القديم كما هو موضح بالشكل التالى (جـ) .

٦) يمكن عمل (دعامات خلفية Counter forts) للحوائط الساندة التى تحركت بالفعل مع ربطها إلى بعض ليعملا مليئياً كما هو موضح بالرسم التالى (د) .

يفضل أن تمتد الدعامة الخلفية أسفل منسوب الأساس القديم لتعطى اتزان أكبر ضد الانزلاق إلى الأمام .



جدول يبين معاملات الاحتكاك القصوى للمواد المختلفة

نوع الحائط والتربة المجاورة	معامل الاحتكاك	زاوية الاحتكاك بالدرجات
أ) حائط من الخرسانة أو المبانى على المواد التالية :		
ــ صخر نقى طنان .	٠,٧	٣٥
ــ زلط نقى – خليط من الرمل والزلط – رمل خشن .	٠,٥٥ – ٠,٦٠	٢٩ – ٣١
ــ رمل نقى ناعم إلى متوسط الخشونة رمل طمى متوسط الخشونة وخشن – زلط طمى أو طينى .	٠,٤٥ – ٠,٥٥	٢٤ – ٢٩
ــ رمل نقى ناعم– رمل طمى أو طينى ناعم إلى متوسط الخشونة.	٠,٣٥ – ٠,٤٥	١٩ – ٢٤
ــ طمى رملى ناعم – طمى غير لدن .	٠,٣٠ – ٠,٣٥	١٧ – ١٩
ــ طين جامد جداً وصلب متصلد أو سابق التصلد .	٠,٤٠ – ٠,٥٠	٢٢ – ٢٦
ــ طين متوسط الى جامد – طين طمى	,٣٠ – ,٣٥	١٧ – ١٩
ب) الستائر اللوحية من الصلب :		
ــ زلط نقى – خليط من الزلط والرمل – ردم من الصخر جيد التدرج .	٠,٤٠	٢٢
ــ رمل نقى – خليط من رمل وزلط وطمى – ردم من الصخر الصلب ذو المقاس الواحد .	٠,٣٠	١٧
ــ رمل طمى – رمل أو زلط مخلوط بالطمى أو الطين .	٠,٢٥	١٤
ــ طمى رملى ناعم – طمى غير لدن .	٠,٢٠	١١
جـ) الستائر اللوحية الخرسانية :		
ــ زلط نقى – خليط من الرمل والزلط – ردم من الصخر جيد التدرج .	٠,٤٠ – ٠,٥٠	٢٢ – ٢٦
ــ رمل نقى – خليط من الرمل الطينى والزلط – ردم من الصخر .	٠,٣٠ – ٠,٤٠	١٧ – ٢٢
ــ رمل طمى – خليط من الرمل أو الزلط مع الطين أو الطمى .	٠,٣٠	١٧
ــ طمى رملى ناعم – طمى غير لدن .	٠,٢٥	١٤
د) مواد إنشائية متغيرة :		
ــ مبانى على مبانى – صخور نارية ومتحولة .	٠,٧	٣٥
ــ صخر طرى مستوى على صخر طرى مستوى .	٠,٧	٣٥
ــ صخر صلب مستوى على صخر طرى مستوى .	٠,٦٥	٣٣
ــ صخر صلب مستوى على صخر صلب مستوى .	٠,٥٥	٢٩
ــ مبانى على خشب	٠,٥٠	٢٦
ــ حديد على حديد عند الوصلات .	٠,٣٠	١٧

جدول يبين معاملات الالتصاق لنوعيات التربة المتماسكة المختلفة

التماسك كجم / سم (C_u)	الالتصاق كجم / سم٢ (C_a)
تربة لينة جداً / (صفر – ٠,٢٥)	(صفر – ٠,٢٥)
تربة متماسكة متوسطة (٠,٢٥ – ٠,٥٠)	(٠,٢٥ – ٠,٥٠)
تربة متماسكة جامدة (٠,٥٠ – ١,٠)	(٠,٥٠ – ٠,٧٥)
تربة متماسكة جامدة جداً (١ – ٢)	(٠,٧٥ – ٠,٩٥)
تربة متماسكة صلبة (٢ – ٤)	(٠,٩٥ – ١,٣٠)



أعتبارات هامة عند التصميم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب

• تعريف للحوائط الساندة •

الحوائط الساندة عبارة عن منشآت تستعمل فى سند الأتربة أو المواد الأخرى حيث لا تسمح حالة الأتربة أو غيره بتوفير الاتزان بميول طبيعية وهى تستعمل للأغراض الآتية :

١ – سند الأتربة بدون حمل إضافى For earth pressure without surcharg
٢ – لتحمل ضغط السوائل For liquid pressure
٣ – لتحمل ضغط المياه For water pressure
٤ – لتحمل ضغط التربة ذات حمل إضافى مائل For earth pressure with sloping surcharg
٥ – لتحمل ضغط الحبوب For grains pressure
٦ – لتحمل ضغط الفحم For coal pressure

ولعدة أعمال أخرى سيتم سردها فى حينها .

وتصنف الحوائط الساندة حسب الطريقة التى يتم بها الاتزان إلى نوعين رئيسين : الأول : ويعتمد على الأوزان الرأسية التى تعمل على تكوين احتكاك عند القاعدة وإلى جعل محصلة القوى فى (الثلث الأول Middle third) أو قريب منه مما يوفر الاتزان ضد الانقلاب والانزلاق ومثال ذلك الحوائط المبينة من الطوب والخرسانة العادية والمسلحة وهذا النوع يعتمد على ثقل الحائط نفسه وهو الذى يعمل الاتزان وبذلك يصبح أحجامه كبيرة خصوصاً المبنية بالطوب أو الخرسانة العادية والثانى يعتمد على المقاومة الجانبية لحركة الحائط وتوفير الاتزان الكلى للميل ومثال ذلك الحوائط التى تعتمد على ضغوط التربة السالبة مثل الستائر المعدنية (Sheet pile walls for dry dock) أو خوازيق ساندة للحوائط أو دعامة تسند الحائط (Anchor block) وسنتعرض فى هذه الدراسة إلى ثلاثة أنواع :

أولاً : الحوائط المبنية بالطوب وجميع الأساسات اللازمة لهذه الحوائط .
ثانياً : الحوائط الساندة من الخرسانة العادية .
ثالثاً : الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة .

القوى المؤثرة على الحائط :

١ – وزن الحائط والردم الموجود فوقه .
٢ – الضغوط الجانبية المؤثرة على الحائط الناتجة عن وزن الردم الخلفى .
٣ – الأحمال الحية والميتة الموجودة على الحائط والردم فوقه .
٤ – الضغوط الجانبية الناتجة عن الأحمال الحية والميتة على الردم الخلفى .
٥ – ضغوط المياه وخاصة عند الفواصل الإنشائية التى يحتمل تسرب المياه خلالها .
٦ – القوى الناتجة عن تأثير الزلزال .
٧ – تأثير الأمواج .
٨ – أى قوى أخرى تتولد أثناء التنفيذ أو التشغيل للحائط .

الضغوط (Lateral pressures) :

١) ضغط الريح Wind pressure :

١) يجب أن يصمم كل مبنى ليتحمل ضغطاً أفقياً للريح مقداره ٧٥ كج على المتر المربع على الأقل فى جميع الاتجاهات ويعتبر هذا الضغط مؤثراً على الثلثين العلويين من ارتفاع المبنى أما كافة الأجزاء المرتفعة عن منسوب السطح كمداخن الدفايات وما يشابهها فتصمم لتتحمل ضغطاً أفقياً للريح مقداره ٥٠ كج على المتر المربع على الأقل فى جميع الاتجاهات .

٢) يمكن التجاوز عن حساب تأثير ضغط الريح على توازن المبنى Stability إذا كان ارتفاعه يقل عن ضعف طوله فى الاتجاه الموازى لاتجاه هبوب الريح – ولكن يجب أن تصمم الأجزاء المختلفة من المبنى لتتحمل الضغوط المبينة فى البند رقم (١) .

٣) يجب أن تصمم الأسقف المائلة التى يزيد ميلها عن ٢٠ درجة مع الخط الأفقى بحيث تتحمل ضغطاً عمودياً على ميل السقف من تأثير الرياح مقداره ٧٥ كج على المتر المربع ومص (Suction) مقداره ٥٠ كج على المتر المربع على الوجه المقابل على أن يحسب تأثير كل من هذين الضغطين على حدة – وعلى أن تعتبر هذه الضغوط فى حساب السقف المائل فقط أما فى حساب الأحمال الرأسية الواقعة على باقى أجزاء المبنى من تأثير هذه الأسقف فيجب أن يعتبر كأن حملاً حياً مقداره ٥٠ كج على المتر المسطح واقعاً على مسطح المسقط الأفقى للمبنى بأكمله .

٤) للسطوح الدائرية كالمداخن وما يماثلها المعرضة لضغط الريح لا يجوز أن يقل الضغط على الوجه الدائرى عن ٦٠٪ من الضغط على السقف الرأسى لهذه الأسطح ولا تقل عن ٨٠٪ فى حالة الأسطح الكثيرة الأوجه .

٢) الضغط الجانبى للأتربة والرمال وخلافه : (Earth pressure) :

١) يجب أن تصمم الحوائط الساندة لتحمل الضغط الجانبى الناتج من الأتربة الضاغطة عليها باعتبار أن هذا الضغط يتبع فى اتجاه ميل السطح العلوى للأتربة المسنودة ومقداره يتزايد ابتداء من السطح العلوى للحائط حتى أسفله تزايداً منتظماً .

٢) يجب أن يحسب مقدار الضغط الجانبى عند أى عمق تحت السطح العلوى للأتربة المسنودة الأفقية السطح طبقاً للمعادلة الآتية :

الضغط عند أى عمق « س » من السطح العلوى =

$$\text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة} \times \text{العمق « س »} \times \frac{\text{١ − جيب زاوية الميل الطبيعى للأتربة المسنودة}}{\text{١ + جيب زاوية الميل الطبيعى للأتربة المسنودة}}$$

وهو القانون المعروف بقانون (Rankine) .

وعلى ذلك فيقدر الضغط الكلى (Total pressure) المؤثر على الحائط بكامل ارتفاعه طبقاً للمعادلة الآتية :

$$\text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة} \times \frac{(\text{ارتفاع الحائط})^{٢}}{\text{٢}} \times \frac{\text{١ − جيب زاوية الميل الطبيعى للأتربة المسنودة}}{\text{١ + جيب زاوية الميل الطبيعى للأتربة المسنودة}}$$

ويعتبر هذا الضغط الكلى مركز التأثير فى نقطة الثلث السفلى من ارتفاع الحائط .

٣) فى حالة الأتربة المسنودة التى يميل سطحها العلوى عن الخط الأفقى بزاوية مقدارها (د) من الدرجات فيقدر الضغط الكلى المؤثر على الحائط بكامل ارتفاعه طبقاً للمعادلة الآتية :

الضغط الكلى =

$$\text{وزن المتر المكعب من الأتربة المسنودة} \times \frac{(\text{ارتفاع الحائط})^{٢}}{\text{٢}} \times \left(\text{جتاد}\,\frac{\text{جتاد} - \sqrt{\text{جتا}^{٢}\text{د} - \text{جتا}^{٢}\text{هـ}}}{\text{جتاد} + \sqrt{\text{جتا}^{٢}\text{د} - \text{جتا}^{٢}\text{هـ}}}\right)$$

حيث هـ = زاوية الميل الطبيعى للأتربة المسنودة .

ويعتبر هذا الضغط الكلى مركز التأثير فى نقطة الثلث السفلى من ارتفاع الحائط وموازى فى اتجاه تأثير للسطح العلوى المائل للأتربة المسنودة .

٤) فى حالة الحوائط التى تسند أتربة أفقية السطح العلوى ولكن عليها أحمال إضافية من تأثير تخزين المواد الثقيلة أو حركة المرور أو ما يماثلها فيجب أن يعتبر تأثير هذه الأحمال الإضافية فى الضغط الجانبى على الحائط ويقدر ذلك بأن يفرض زيادة ارتفاع الأتربة المسنودة بحيث يكون تأثير وزن الأتربة المضافة على المتر المسطح مساوياً لتأثير الأحمال الإضافية السابقة الذكر

على نفس الوحدة – وفى هذه الحالة يتزايد الضغط الجانبى تزايداً منتظماً من السطح العلوى للأتربة المفروض إضافتها حتى أسفل الحائط مبتدئاً بصفر . ويحدد مركز تأثير الضغط الكلى فى نقطة الثلث السفلى بالنسبة لذلك الارتفاع الكلى (أى ارتفاع الحائط زائد ارتفاع التربة المضافة) .

٥) لحساب الضغط الجانبى للأتربة يجب اتباع الأوزان وزوايا الميل الطبيعى المبينة فى الجدول التالى :

المادة	الوزن كج / م٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجة	المادة	الوزن كج / م٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجة
أتربة مردومة	١٥٠٠	٣٧	أرض طفلية جافة	١٧٠٠	٥٠
أنقاض ناتجة من هدم مبان	١٥٠٠	٥٠	أرض طفلية رطبة	١٨٠٠	٤٥
رمل جاف	١٧٠٠	٣٥	أرض مشبعة بالماء	١٩٠٠	١٥
رمل رطب مدقوق	١٩٠٠	٣٢	زلط رفيع	١٨٠٠	٣٨ – ٤٥
رمل مشبع بالماء المدقوق	٢١٠٠	١٦ – ٢٤	زلط مخلوط برمل	٢٣٠٠	٢٦ – ٣٥
طينة زراعية جافة	١٦٠٠ – ١٨٠٠	٤٨	زلط مخلوط بطفل	٢٣٠٠	٣٨
طينة زراعية رطبة	١٨٠٠ – ١٩٠٠	٤٥	طمى النيل	١٧٥٠	٣٥
طينة زراعية مشبعة بالماء	١٩٠٠ – ٢٠٠٠	١٧– ٢٠			

٣) الضغط الجانبى للحبوب (Grain pressure) :

يجب أن تصمم حوائط الصوامع ومخازن السطح الحبوب لما ستتعرض له من ضغط جانبى بتأثير هذه الحبوب المخزونة باعتبار أن هذا الضغط يتبع فى اتجاهه ميل السطح العلوى للحبوب المخزونة ويتزايد تزايداً منتظماً مبتدئاً بصفر عند سطح العلوى حتى يصل إلى نهايته العظمى عند عمق خاص لا يزيد بعده بل يبقى ثابتاً لأى عمق بعد ذلك ويحدد العمق المذكور والضغط الجانبى للحبوب طبقاً للمعادلات الآتية :

الضغط الجانبى عند أى عمق (س) قبل العمق الأقصى الذى لا يزيد بعده الضغط الجانبى =

$$\text{وزن المتر المكعب من الحبوب المخزونة} \times \text{العمق س} \times \text{ظا}^2 \left(45^\circ - \frac{\text{زاوية الميل الطبيعى}}{2} \right)$$

$$\text{الحد الأقصى للضغط الجانبى} = \frac{\text{وزن المتر المكعب من الحبوب المخزونة}}{\text{معامل الاحتكاك بين الحبوب وحائط الصومعة} \times \frac{\text{محيط الصومعة}}{\text{مساحة المسقط الأفقى للصومعة}}}$$

ويحدد وزن الحبوب وزوايا الميل الطبيعى لها ومعاملات الاحتكاك طبقاً للجدول الآتى :

المادة	الوزن كجم/م٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجات	معامل الاحتكاك مع الخرسانة	المادة	الوزن كجم/م٣	زاوية الميل الطبيعى بالدرجات	معامل الاحتكاك مع الخرسانة
قمح	٨٥٠	٢٥	٠,٤٤٤	شعير	٦٩٠	٢٧	٠,٤٥٢
أذرة	٧٥٠	٢٨	٠,٤٢٣	فحم مكسر قطع	٨٥٠٠	٢٧	٠,٥١٠
أرز	١٠٠٠	٢٨	٠,٤٦٦	أسمنت	١٤٠٠	٢٩	٠,٣١٦

٤) الضغط الجانبى للسوائل (liquid pressure) :

يجب أن تصمم حوائط الخزانات لتتحمل الضغط الجانبى من تأثير السوائل المخزونة باعتبار أن هذا الضغط يتزايد تزايداً منتظماً من السطح العلوى للسائل حتى أسفل الحائط مبتدئاً بصفر . ويحدد الضغط الجانبى عند أى عمق (س) وفى جميع الاتجاهات طبقاً للمعادلة الآتية :

الضغط عند العمق س = وزن المتر المكعب من السائل × العمق س .

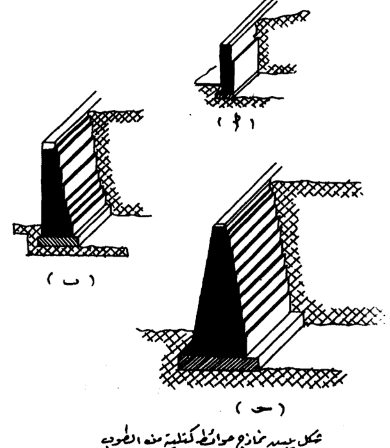
وعلى ذلك فيقدر الضغط الكلى على كامل ارتفاع الحائط بالمعادلة الآتية :

$$\text{الضغط الكلى} = \text{وزن المتر المكعب من السائل} \times \frac{(\text{الارتفاع الكلى})^{٢}}{٢}$$

ويعتبر أوزان السوائل طبقاً لما هو مبين فى الجدول الآتى :

المادة	وزن المتر المكعب بالكجم	المادة	وزن المتر المكعب بالكجم	المادة	وزن المتر المكعب بالكجم
بترول	٨٤٠	زيت بذر الكتان	٩٤٠	لبن	١٠٣٠
مازوت	٩١٠	زيت تربنتينا	٨٧٠		
بنزين	٧٥٠	ماء البحر	١٠٢٥		
جلسرين	١٢٦٠	ماء مقطر	١٠٠٠		

ما سبق فهو نبذة عامة عن الضغوط والتصميم وفيما يلى سيتم تصميم لكل نوع على حدة مع طريقة إثبات القوانين السابقة وحل أمثلة لكل نوع والأشكال التالية بعض أنواع المبانى من الطوب .



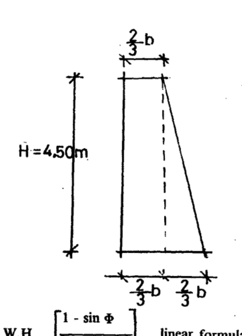
شكل يبين نماذج حوائط كتلية من الطوب

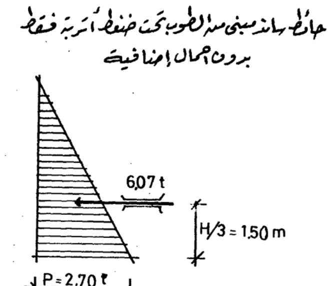
الحوائط المبنية بالطوب

الأسس اللازمة لتصميم الحوائط الساندة

المبادىء الأولية التى تستخدم فى تصميم الحوائط الساندة وتنحصر فى النظرية التقريبية (Rankin's theory) وستطبق على الأسس التالية :

أولاً : لضغط التربة فقط بدون أحمال إضافية : For earth pressure without surcharge





$$P = W.H \left[\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right] \quad \text{linear formula}$$

Where

W = Specific gravity of soil — الوزن النوعى للتربة

H = Height of retaining wall — ارتفاع الحائط الساند

Φ = Angle of friction of soil — زاوية الاحتكاك للتربة بالدرجات

P = Base of triangle — قاعدة المثلث الناتجة عن القانون (قيمة الضغط)

$\underline{P}$ = Total pressure of earth $= \frac{PH}{2}$ — إجمالى الضغط على التربة = $\frac{\text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}}{٢}$

$$\underline{P} = \frac{WH^2}{2} \left[\frac{1 - \sin\Phi}{1 - \sin\Phi}\right] \quad \text{acting at } \frac{H}{3}$$

النموذج الأول :

حائط ساند ارتفاعه ٤,٥م وزاوية احتكاك التربة ٣٠° والوزن للتربة ١,٨ طن / م٣ أوجد :

١ - قاعدة المثلث الناتج عن الضغط P .

٢ - إجمالى الضغط على التربة والتى تؤثر فى $\frac{١}{٣}$ الارتفاع من القاعدة $\underline{P}$.

$$1 - \quad P = W \times H \left[\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right] = 1.8 \times 4.5 \left[\frac{1 - \frac{1}{2}}{1 + \frac{1}{2}}\right] = 2.70 \text{ ton}$$

$$2 - \underline{P} = \frac{P \times H}{2} = \frac{2.70 \times 4.5}{2} = 6.07 \text{ ton}$$

$$\text{Or } \underline{P} = \frac{W \times H^2}{2} \times \left[\frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi}\right] = \frac{1.8 \times 4.5^2}{2} \times \frac{0.5}{1.5} = 6.07 \text{ ton}$$

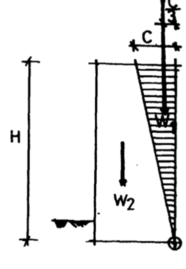
ملحوظة هامة :

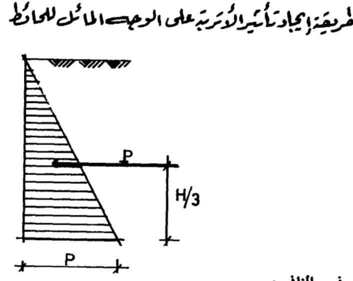
تأثير الأتربة على الوجه المائل للحائط :

The effect of soil on incined back surface

Draw a vertical plan through point (o) get P & $\underline{P}$ as usual ($\underline{P}$ acting at $\frac{H}{3}$)

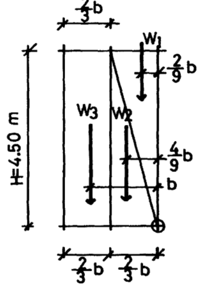
$\bar{W}$ = weight of triangle inclined inside the wall which the vertical load acting at $\frac{C}{3}$ from (o)

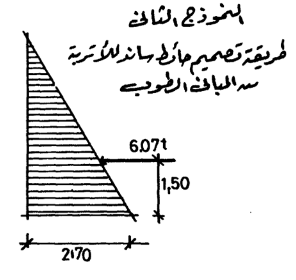




النموذج الثانى :

المطلوب تصميم حائط ساند ارتفاعه ٤,٥م وزاوية الاحتكاك الداخلى ٣٠° ووزن التربة (W) ١,٨ طن / م٣ ووزن الطوب ٢ طن / م٣ وجهد الضغط للطوب ٥ كجم / سم٢ .





From Example (1) $\underline{P}$ = 6.07 ton acting at $\frac{H}{3}$

$B.M = o \quad = (6.07 \times \frac{4.5}{3}) + w_1 \times \frac{2}{9} b + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 \times b \quad = (w_1 + w_2 + w_3)\, b$

$W_1 \quad = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 \quad = 2.7.b$

$W_2 \quad = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 \quad = 3.b$

$W_3 \quad = \frac{2}{3} b \times H \times 2 \quad = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 \quad = 6.b$

$\Sigma.m = o \quad = 6.07 \times \frac{4.5}{3} \times 2.7 \times \frac{2}{9} b + 3.b \times \frac{4}{9} b + 6.b \times b \quad = (2.7.b + 3.b + 6.b)\, b$

resultant acting at middle four

حيث b = $.75 \times \frac{4}{3}\, b$ = المسافة من (o) حتى ٧٥, × $\frac{٤}{٣}$ b

$= 9.10 + 0.6.b + 1.33b^2 + 6.b^2 = 11.7b^2$

$= 4.37b^2 + 0.6.b + 9.10$

$b \quad = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2.a}$

$b \quad = \frac{-0.6 \pm \sqrt{0.6^2 - 4 \times 4.37 \times 9.10}}{2 \times 4.37} \quad = 1.51 \text{ m}$

$w_1 \quad = 2.7 \times 1.51 \quad = 4.077 \text{ ton}$

$w_2 \quad = 3. \times 1.51 \quad = 4.53 \text{ ton}$

$w_3 \quad = 6 \times 1.51 \quad = 9.06 \text{ ton}$

Check of stresses to masonry (F)

Total vertical load $= 4.077 + 4.53 + 9.06 \quad = 17.667 \text{ ton}$

$\frac{2}{3} b \quad = 1.006 \text{ m}$

$\frac{4}{3} b \quad = 2.01 \text{ m}$

$F \quad = \frac{2N}{A} = \frac{2 \times 17667}{201 \times 100} \quad = 1.75 \text{ kg/cm}^2 < 5 \text{ kg/cm}^2$

For liquid pressure **ثانياً : ضغط السوائل**

$P \quad = W H$

$\underline{P} \quad = \frac{WH^2}{2} \quad$ acting at $\frac{H}{3}$

$\Phi \quad = 0^\circ$

ثالثاً : ضغط الماء

حيث : ميل الماء = صفر

وزن الماء = ١ كجم / لتر

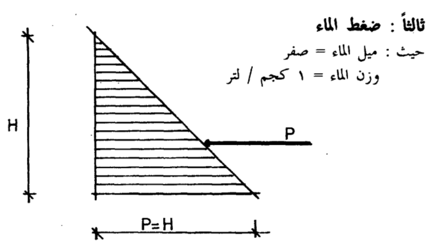
For water pressure

$\Phi = 0^\circ$

$W = 1$

$P = H$

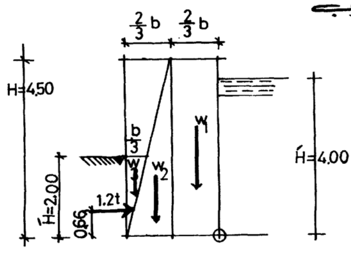
$\underline{P} = \frac{H^2}{2}$ acting at $\frac{H}{3}$

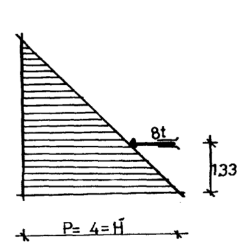


النموذج الثالث :

المطلوب تصميم حائط بارتفاع ٤,٥٠م ويحجز ماء بارتفاع ٤,– ومستقيم من الداخل ومائله من الخارج ومن الخارج مسنودة بأتربة بارتفاع ٢ متر علماً بأن وزن التربة ١,٨ طن / م٣ ووزن الطوب ٢ طن / م٣ وجهد الطوب ٥ كجم / سم٢ .

تصميم حائط ساند للماء من الطوب





Design of retaining wall

a - To get water pressure ∵ $\underline{P} = \frac{H^2}{2} = \frac{4^2}{2}$ = 8 ton

b - To get earth pressure $= \frac{WH^2}{2} \left(\frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin a} \right) = \frac{1.8 \times 2^2}{2} \times \left(\frac{.5}{1.5} \right)$ = 1.2 ton

$W_1 = \frac{2}{3}$ b x H x 2. $= \frac{2}{3}$ b x 4.5 x 2 = 6.b

$W_2 = \frac{2}{3}$ b x $\frac{H}{2}$ x 2 $= \frac{2}{3}$ b x $\frac{4.5}{2}$ x 2 = 3.b

$W_3 = \frac{b}{3} \times \frac{\bar{H}}{2} \times 1.8$ $= \frac{b}{3} \times \frac{2}{2} \times 1.8$ = 0.6,b

$$B.M = O = (8 \times 1.33 + W_1 \times \frac{b}{3} + W_2 \times \frac{8}{9} b + W_3 \times \frac{11}{9} b - 0.66 \times 1.2) - (W_1 + W_2 + W_3) \times .75 \times \frac{4}{3} b$$

Resultant acting at middle Four

$$= (10.64 + 6.b \frac{b}{3} + 3.b \times \frac{8}{9} b + 0.6.b \times \frac{11}{9} b - 0.792) - (6.b + 3.b + 0.6.b)\, b$$

$$= (10.64 + 2.b^2 + 2.66\, b^2 + 0.733\, b^2 - 0.792) - (9.6.b^2)$$

$$= (9.848 + 5.363b^2) - 9.6b^2$$

$$= 9.848 - 3.237b^2 = O$$

$$\therefore b^2 = \frac{9.848}{3.237} = b^2 = 3.04 \therefore b = \sqrt{3.04} = 1.744 \text{ m}$$

$$\therefore W_1 = 6 \times 1.744 = 10.46 \text{ ton}$$

$$W_2 = 3 \times 1.744 = 5.23 \text{ ton}$$

$$W_3 = 0.6 \times 1.744 = 1.04 \text{ ton}$$

Check of stress

$$\Sigma W = 10.45 + 5.23 + 1.04 = 16.72 \text{ ton}$$

Chech Of stresses Of masonry (F)

$$F = \frac{2W}{A} = \frac{16.72}{\frac{4}{3} b \times 1.00} = \frac{16.72}{2.32 \times 1.00} = \frac{16720}{232 \times 100} = .72 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

رابعاً : ضغط الريح **For wind pressur**

حيث

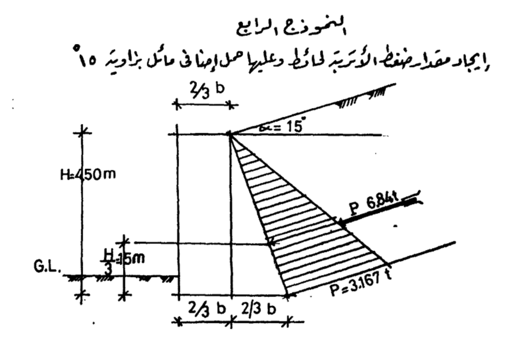
$\underline{P} = 110 \times H$ acting $\frac{H}{2}$

$P = 110 \text{ kg / m}^2$ (Intensity of wind pressure verious according to heigh & loction)

خامساً : ضغط الأتربة وعليها حمل إضافي مائل : For earth pressure with slobing surcharge

النموذج الرابع

إيجاد مقدار ضغط الأتربة لحائط وعليها حمل إضافي مائل بزاوية ١٥°



$$\underline{P} = \frac{WH^2}{2} \cos\alpha \left[\frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}\right]$$

حيث :

α = زاوية ميل الحمل الإضافى

P = قاعدة المثلث

H = ارتفاع المثلث

$\underline{P}$ = إجمالى ضغط الأتربة .

$$P = WH \left[\frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}\right]$$

$$\underline{P} = P\frac{H\cos\alpha}{2} =$$

P acting at $\frac{H}{3}$ from base with a direction parallel to the plan of surcharge of earth

النموذج الرابع : حائط ساند ارتفاعه ٤,٥ متر وزاوية الاحتكاك الداخلى للتربة ٣٠° وزاوية ميل الحمل الإضافى α = ١٥° ، وزن التربة ١,٨ طن / م٣ . أوجد $\underline{P}$ إجمالى ضغط التربة

حيث $k_a = \left[\frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}\right]$

$\therefore k_a =$ i.e .391

$$P = WH \left[\frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}\right]$$

$$= 1.8 \times 4.5 \left[\frac{.96 - \sqrt{.96^2 - .86^2}}{.96 + \sqrt{.96^2 - .86^2}}\right]$$

$$= 1.8 \times 4.5 \times .391 = 3.167 \text{ ton}$$

$$\underline{P} = P\frac{H\cos\alpha}{2} = 3.167 \times \frac{4.5 \times .96}{2} = 6.840 \text{ ton}$$

النموذج الخامس :

صمم حائط ساند من الطوب ارتفاعه ٤,٥ متراً وزاوية الاحتكاك الداخلى للتربة ٣٠° وزاوية ميل الحمل الإضافى ١٥° ووزن التربة ١,٨ طن / م٣. وهذا الحائط يحمل ٦ طن على بعد ٠,٥٠متر من الناحية الظاهرة والوزن النوعى للطوب ٢ طن / م٣ وجهد الطوب ٥ كجم / سم٢ .

ملحوظة : أخذت كل المعلومات من النموذج رقم (٤) وذلك لعدم تكرار العمل .

Design of retaining wall

١ – إجمالى ضغط التربة :

٦,٨٤ طن فى $\frac{1}{3}$ الارتفاع بزاوية ميل ١٥°

٢ – المركبة الأفقية P_h :

= ٦,٨٤ × جتا ١٥° = ٦,٥٦ طن .

٣ – المركبة الرأسية $\underline{P}_v$:

= ٦,٨٤ × جا ١٥° = ١٠٧٦ طن .

تصميم حائط ساند من الطوب عليه حمل إضافى مائل بزاوية ١٥°

Resolve the resultant 6.84 ton to

$P_h = P \cos 15° = 6.84 \times .96 = 6.5.b$ ton

$P_v = P \sin 15° = 6.84 \times .258 = 1.7.b$ ton

$W_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7.b$ ton

$W_2 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} b \times 2 = 3.b$ ton

$W_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b$ ton

B.M = O = Sum of all moments = O = $(w_1 + w_2 + w_3 + 6) \times \frac{2}{3}$ breadth $\therefore \frac{2}{3} \times \frac{4}{3} b = \frac{8}{9} b$

resultant acting at middle third

أخذت المسافة $\frac{8}{9}$ b. داخل الـ (middle third) لأن الحمل ٦ طن ليس فى محور $\frac{2}{3}$ b بل يبعد ٠,٥٠م ومن الطرف الخارجى.

$$B.M = o = 6.56 \times 1.5 + w_1 \times \frac{2b}{9} + w_2 \times \frac{4}{9} b + w_3 \times b + 6 \left(\frac{4}{3} b - .50\right) = (w_1 + w_2 + w_3 + b) + \frac{8}{9} b + P_v$$

$$= 6.56 \times 1.5 + \frac{2.7b \times 2b}{9} + 3.bx \frac{4}{9} b + 6.b \times b + 6\left(\frac{4}{3} b - 0.50\right) = (2.7.b + 3.b + 6.b) \frac{8}{9} b + 1.76$$

$$= 9.84 + 0.6.b^2 + 1.33b^2 + 6.b^2 + 8b - 3 = 2.4b^2 + 2.66.b^2 + 5.33.b^2 + 5.33.b + 1.76$$

$$= 9.84 + 7.93.b^2 + 8.b - 3 = 10.39.b^2 + 5.33.b + 1.76$$

$$= 2.46b^2 + 2.76b + 5.08$$

هذه معادلة من الدرجة الثانية وحلها يتبع القانون الآتى :

$$b = \frac{\pm b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$\therefore b = \frac{2.67 \pm \sqrt{2.67^2 - 4 \times 2.46 \times 5.08}}{2 \times 2.46} = 2.07 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{2}{3}.b = 2.07 \times \frac{2}{3} = 1.38 \text{ m}$$

$$\therefore \frac{4}{3}.b = 2.07 \times \frac{4}{3} = 2.78$$

$W_1 = 2.7 \times 2.07 = 5.589$ ton

$W_2 = 3 \times 2.07 = 6.21$ ton

$W_3 = 6 \times 2.07 = 12.42$ ton

To get the height of inclined triangle

Total H = $1.38 \times \tan 15° + H = 1.38 \times 0.267 + 4.5 = 4.86$ m

$$\text{Tota } W_1 = \frac{4.86 \times 1.38 \times 1.8}{2} = 6.03 \text{ ton}$$

ملحوظة : عندما حسبت P حسبت على أن الارتفاع ٤,٥م ولكن فى الحقيقة الارتفاع أصبح ٤,٨٦م بعد إضافة ارتفاع ٠,٣٦, وهو $\tan 15° \times \frac{2}{3} b$ فيجب إعادة الحساب على الارتفاع الجديد بعد الإضافة .

$$P = \frac{WH^2}{2} \cos \propto \left[\frac{\text{cas} \propto - \sqrt{\cos^2 \propto - \cos^2 \Phi}}{\cos \propto + \sqrt{\cos^2 \propto - \cos^2 \Phi}} \right]$$

$$= \frac{1.8 \times 4.86^2}{2} \times .96 \times .391 \qquad = 7.98 \text{ ton}$$

$$P_v = 7.98 \times \sin 15^\circ \qquad = 7.98 \times .258 \qquad = 2.05 \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} \times w \qquad = \frac{2}{3} \times \frac{2.07 \times 4.86}{2} \times 1.8 \qquad = 6.03 \text{ ton}$$

Total vertical load = 2.05 + 6.03 + 6.21 + 12.42 + 6 = 32.71 ton

1- Ckeck of stresses to masonry (F)

allowable of masonry 5 kg / cm^2

$$(F) \text{ to masonry} = \frac{2 \times \text{total load}}{\text{Area}} = \frac{2 \times 32710}{278 \times 100} = 2.35 \text{ kg} / cm^2 < 5 \text{ kg} / cm^2$$

ملحوظة : لإيجاد أبعاد تقريبية للحوائط الساندة **Imperical dimensioning For Cross Seciton Of retaining Wall**

The table shown here after gives impercially the ratio of = $\frac{b}{H_1}$

حيث :

b = القاعدة السفلى للحائط + سمك الحائط من أعلا ، عند ارتفاع الحائط $\frac{H}{2}$

H_1 = ارتفاع الأتربة من القاعدة حتى أعلا الميل

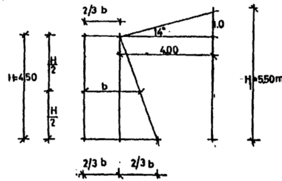
لو فرض أن سمك الحائط من أعلا = $\frac{2}{3} b$ والقاعدة من أسفل $\frac{4}{3} b$

$\therefore b = \frac{\frac{2}{3} b + \frac{4}{3} b}{2}$ وتكون في منتصف H حيث H ارتفاع الحائط .

This table shows earth pressure for various angles of friction & surcharge .

Surcharge		Retio = $\frac{b}{H_1}$ = $\frac{\text{width of base at Half of height of wall (H)}}{\text{height from top level of earth to level of foundation (} H_1 \text{)}}$			
angle	slope	for angle of friction of practical soil			
		angle of friction	20°	50°	65°
30	1.75 : 1	b / H_1	0.50	0.46	0.24
22	2.5 : 1	b / H_1	0.495	0.39	0.23
14	4.00 : 1	b / H_1	0.490	0.35	0.22
O	level	b / H_1	0.430	0.33	0.12

Note : The height to be considerd in getting the base from the above table is the total height from top level of earth to level of foundation place (b) obtained from table as shown for the various cross section .



تطبيق للقاعدة التقريبية

بالنموذج رقم (٥) كانت زاوية الاحتكاك للأتربة تساوى ٣٠° وزاوية ميل الحمل الإضافى ١٥° وكانت النتيجة أن القاعدة $\frac{٤}{٣}$ b = ٢,٧٨م ، b = ٢,٠٧م .

ولتطبيق هذا المثال على القاعدة التقريبية المشروحة سابقاً نجد الآتى :

بالجدول عاليه زاوية الاحتكاك ٢٠° عند زاوية ميل الحمل الإضافى ∝ = ١٤° كانت نسبة $\frac{b}{H_1}$ = ,٤٩

بالجدول عاليه زاوية الاحتكاك ٥٠° عند زاوية ميل الحمل الإضافى ∝ = ١٤° كانت نسبة $\frac{b}{H_1}$ = ,٣٥

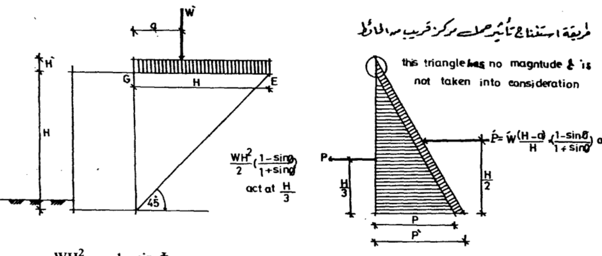
فلو أخذ متوسط درجات الاحتكاك $\frac{٢٠ + ٥٠}{2}$ = ٣٥ كانت نسبة $\frac{b}{H_1}$ = $\frac{,٣٥ + ,٤٩}{2}$ = ,٤٢

ونظراً لأن المثال السابق ٣٠° فتصبح تقريباً النسبة ,٣٩ = $\frac{b}{٥,٥}$ = ٢,١٤م

وبالحساب كانت النتيجة إلى b = ٢,٠٧ فلا مانع من استعمال الجدول عاليه فى حدود الاستدلال فقط ولمعرفة النتيجة الحسابية صح أم خطأ .

سادساً : طريقة استنتاج تأثير حمل مركز قريب من الحائط :

How to get the effect of a concentrated load near a retaining wall



$$\underline{P} = \frac{WH^2}{2}\left(\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right)$$

$$\underline{P}^- = W^-\left(\frac{H - a}{H}\right)\left(\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right)$$

حيث :

W = الوزن النوعى للتراب .

$\bar{H}$ = ارتفاع الحمل الإضافى بعد توزيعه على واحد متر .

W^- = وزن الحمل الإضافى المركز .

sin Φ = جيب زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة .

H = ارتفاع الحائط .

$\bar{P}$ = قوة أفقية تأثر فى $\frac{H}{2}$

P = قوة أفقية تأثر فى $\frac{H}{3}$

لاستنتاج هذه القوانين يتبع الآتى :

Form bottom point (O) draw line inclined 45° meeting height of earth level at (E).

It is assumed that w^- would have no effect on the retaining wall if it acts beyond point (E).

The effect of the load is maximum if (w^-) act at distance (a) area near from point (G).

Between E & G its effect is proportinal to $\frac{H - a}{H}$

Assume w^- is replaced by an equivalent height of earth H^- giving same pressure as (w) distributed over area H x 1.00 M

$$\therefore H_1 = \frac{w^-(H - a)}{H.\ H.\ w} \quad i:e \quad = \frac{\text{Load}}{\text{area x specifice gravity}} = \bar{H} \quad H\ w = \frac{w^-(H - a)}{H}$$

Where w^- = load per meter run of wall

w = specifice gravity of earth

$$\therefore P = w\ H \left[\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right]$$

$$\therefore \underline{P} \quad \frac{w\ H^2}{2} \left[\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right]$$

$$\underline{P^-} = w\,(H + H^-) \left[\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right]$$

$$\underline{P^-} = \frac{w\,(H - a)}{H} \left[\frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi}\right]$$

The small triangle at the top is imaginary.

نموذج رقم ٦ :

١ - المطلوب تصميم حائط ساند من الطوب عليه حمل إضافى مركز يبعد ٢ متر عن الحائط الداخلى أعلا ومقداره ٦ طن ، والوزن النوعى للتربة ١,٨ طن / م^٣ ، وزاوية الاحتكاك الداخلى ٣٠° ، وزن الطوب ٢ طن / م^٣ وجهد الطوب ٥ كجم / سم^٢ وارتفاع الحائط ٤,٥م .

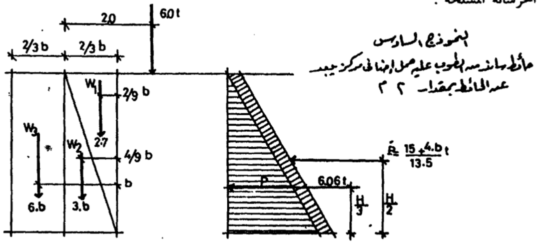
٢ - **بعد تصميم الحائط يصمم أساس للحائط.**

أولاً : من الخرسانة العادية .

ثانياً : من الخرسانة المسلحة .

ثالثاً : من الخوازيق الخشب .

رابعاً : من الخوازيق الخرسانة المسلحة .



(1) Design of Retaining wall :

$$\underline{P} = \frac{w\,H^2}{2}\left[\frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi}\right] = \frac{1.8 \times 4.5^2}{2} \times .333 = 6.1 \text{ ton}$$

$$\underline{P}^- = \frac{w\,(H-a)}{H}\left[\frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi}\right]$$

$$= \frac{6 \times (4.5 - (2.0 - \frac{2.b}{3}))}{4.5} \times .333 = \frac{27 - 12 + 4.b}{4.5} \times 0.333 = \frac{15 + 4.b}{13.5} \text{ ton}$$

$$w_1 = \frac{2}{3} b \times \frac{H}{2} .w = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 1.8 = 2.7.b \text{ ton}$$

$$w_2 = \frac{2}{3} .b \times \frac{H}{2} \times 2 = \frac{2}{3} b \times \frac{4.5}{2} \times 2 = 3.b \text{ ton}$$

$$w_3 = \frac{2}{3} b \times H \times 2 = \frac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b \text{ ton}$$

Moment of all forces = O = $(w_1 + w_2 + w_3)$ .75 breadth i.e $.75 \times \frac{4}{3} b = b$

أخذت المسافة b فى الـ (middle four) لأن جميع الأحمال محورية .

$$B.M = O = \frac{P \times H}{3} + \frac{P^- \times H}{2} + w_1 \times \frac{2}{9} .b + w_2 . \frac{4}{9} b + w_3 .b = (w_1 + w_2 + w_3)\, b$$

$$= 6.1 \times 1.5 \left(\frac{15 + 4.b}{13.5} \times 2.25\right) + 2.7b \times \frac{2}{9} b + 3.b \times \frac{4}{9} b \times 6.b \times b = (2.7b + 3.b + 6.6)\, b$$

$$= 3.77 \times b^2 + 0.66 \times b + 11.65$$

$$\therefore b = \frac{-0.66 \pm \sqrt{0.66^2 - 4 \times 3.77 \times 11.65}}{2 \times 3.77} = 1.85 \text{ m}$$

$\therefore b$ = 1.85. m

$\frac{2}{3} b$ = 1.233 m

$\frac{4}{3} b$ = 2.46 m

x = 0.616 m

w_1 = 2.7 x 1.85 = 5 ton

w_2 = 3 x 1.85 = 5.55 ton

w_3 = 6 x 1.85 = 11.10 ton

$P = \frac{15 + 4 \times 1.85}{13.5}$ = 1.66 ton

Check of stress of wall :

Total load = 5 + 5.55 + 11.10 = 21.65 ton

$$F = \frac{2N}{A} = \frac{2 \times 21650}{264 \times 100} = 1.64 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

سبق فى النموذج (رقم ٥) عندما أردنا أخذ العزوم حول النقطة (O) تم الآتى :

$$B.M = o = \text{sum of all moments} = O = (w_1 + w_2 + w_3 + 6)\frac{2}{3}\text{ breadth i:e } \frac{2}{3} \times \frac{4}{3}b = \frac{8}{9}b$$

وفى المثال (رقم ٦)

$$B.M = o = \text{sum of all moments} = o = (w_1 + w_2 + w_3)\,.75 \text{ breadth} \quad \text{i:e } .75 \times \frac{4}{3} = b$$

وسنلقى الضوء على وضع المحصلة داخل أو (middle third) أو (middle fourth) .

If no tension is required at the base of the wall i : e $- \chi \leqslant \frac{b}{6}$

- First to rectangular section

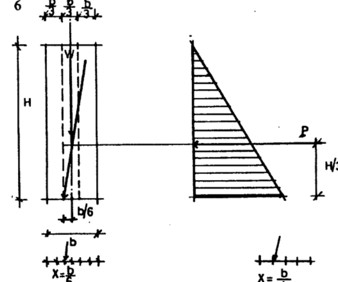
a - From similarity of triangles

$$\frac{w}{\frac{H}{3}} = \frac{P}{\frac{b}{6}}$$

w & H & P is being known get b

b- for maximum economy combined with safety (i . e χ) = $\frac{b}{4}$

$$\frac{w}{\frac{H}{3}} = \frac{P}{\frac{b}{4}}$$



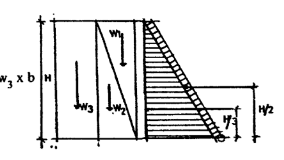
- Second general case

(a) If no tension is required to accur at wall base i . e . x $\leqslant \frac{b}{6}$

get w_1 , w_2 & w_3 in terms of (b) take moments about (o) and get R by force polygon to all loads Reslove (R) into [VR & HR]

$$B.M = o = P\frac{H}{3} + P_1\frac{H}{2} + w_1 \times \frac{2}{9}.b + w_2 \times \frac{4}{9}.b + w_3 \times b$$

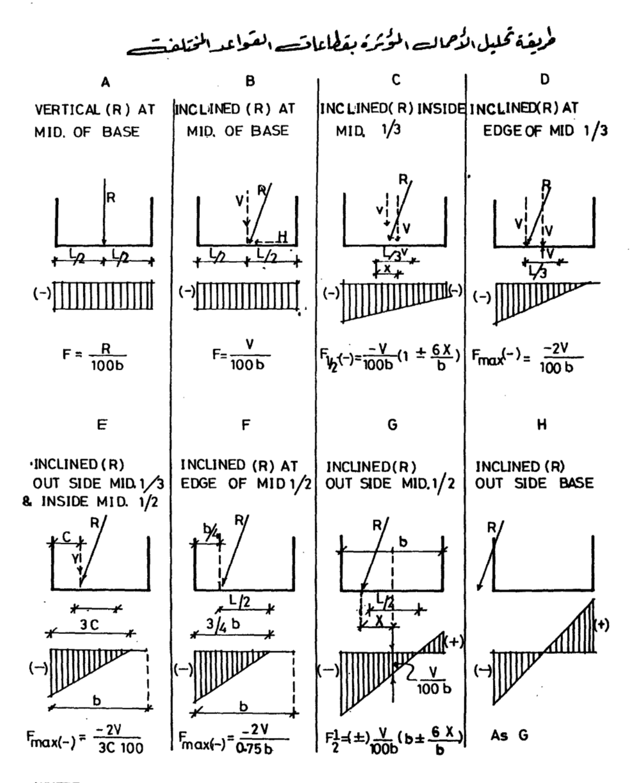
$$= (w_1 + w_2 + w_3) \times \frac{8}{9} \text{ b or b}$$



get b from equaiton & check cross section & stresses .

تستخرج المحصلة (R) من هذه الأحمال التى بالرسم عاليه إما بطريقة (force polygon) أو بطريقة الحساب .

قبل أن نبدأ فى تصميم الأساسات يجب دراسة طريقة تحليل الأحمال المؤثرة بقطاعات القواعد المختلفة والرسم التالى يبين هذه الطريقة .



WHERE

R = Resultant

V = Vertical Component of Resultant

X = Eccentricity

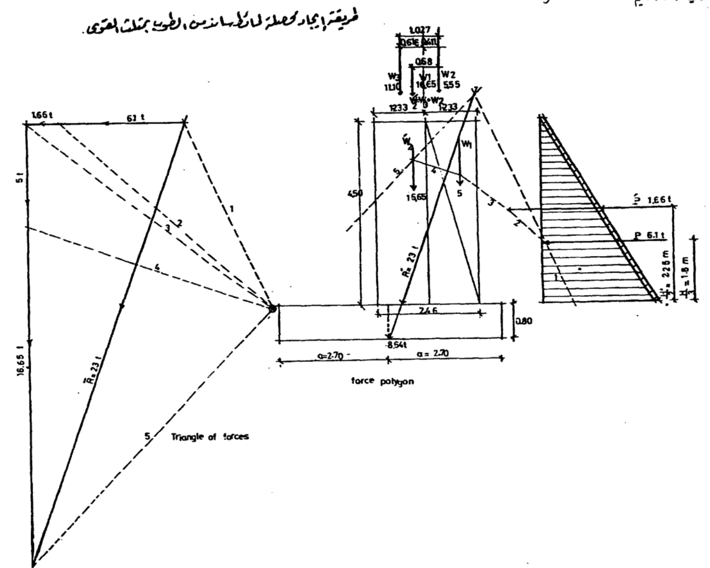
F = Actual stress $\leqslant$ F Allowable

Design of foundation for retaining walls .

Force polygon & triangle of force

أولاً : طريقة إيجاد محصلة حائط ساند من الطوب بالرسم بطريقة الـ

ثانياً : تصميم الأساسات للحوائط الساندة



First : How to check bottom section of the wall by drawing

1- Get resultant of all forces acting on this section including exterior forces suppose case of inclined back and concentrated load surcharge .

2- From example (6) get P , $\bar{P}$, w_1 and get w_2 instead of w_2 & w_3 to be equal to 16.65 ton and place then in a force polygon and get the value of an inclined R that is equal to the distance between the fisrt & last point .

3- Take any polygon (o) and draw rays from its cross forces.

4- From the junction of first and last rays draw parallel to $\bar{R}$ to cut base at χ.

لاستبدال w_2 & w_3 بمقدار $\bar{w}_2$ التى سميت فى الرسم يتبع الآتى :

من المعروف أن محصلة المثلث تقع فى ثلث القاعدة فيأخذ العزوم حول w_2 .

$B.M = w_2 = 1.027 \times 11.10 = 16.65 \times \bar{\chi}$ $\therefore \bar{\chi} = .68$ m

Second Design of foundation for retaining wall .

First : In ordinary concrete

1- Procced $\bar{R}$ to meet the bottom level of foundation at distance (a) from right edge .

2- Get R_1 (resultant of R & w_4).

3- F = uniformly distributed stress on soil.

$$= \frac{V(R_1)}{100} \leq F \text{ allowable of soil}$$

Check section at $\chi - \chi$

$$\text{B.M at } (\chi - \chi) = \underbrace{\left(F \times 1.00 \times \bar{\chi} \times \frac{\bar{\chi}}{2} \right)}_{\text{due to upward stress}} - \underbrace{\left(t \times \bar{\chi} . 1.00 \times 2.1 \times \frac{\bar{\chi}}{2} \right)}_{\text{due to wight of foundation}}$$

حيث :

F = جهد التربة الخالص .

1.00 = متر واحد من القاعدة .

t = ارتفاع الخرسانة

D = ارتفاع الأصص + t

$$F_2^1 = \frac{M \frac{t}{2}}{1.00 \frac{t^3}{12}} < F_c \text{ concrete } (2 \text{ kg} / \text{cm}^2)$$

If not say

$$\frac{M \chi - \chi \times \frac{D}{2}}{1.00 \times \frac{D^3}{12}} = 2 \text{ kg} / \text{cm}^2 .$$

Place setps 50 cm height to get D provided $D \leq 2t$.

B - To make maximum difference of stresses on soil between any two points < 0.4 kg / cm².

Suppose L is the necessery length of foundation which gives 0.4 kg / cm² difference lowest stress is the sum of 3 stresses as the diagram shows:

$$F_2^1 = \frac{V(\bar{R}) . \chi \frac{L}{2}}{1.00 \frac{L^3}{12}} = \frac{4 \text{ ton} / m^2}{2} = \frac{6 V(\bar{R}) (a - \frac{L}{2})}{L^2} = 2 \text{ ton}$$

VR & (a) are known get L

Then check section $\chi - \chi$ as before upward B.M equals area trapezium x y (from drawings) .

نموذج رقم (٧) :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة العادية وجهد التربة ١٠ طن / م٢ وأقصى اختلاف فى التربة هو ٤, كجم / سم٢ للحائط الذى بالنموذج رقم (٦) بجميع أحماله والتى سبق لها رسم الـ Force polygon .

Desing of foundation

$$\text{To get L} = \frac{6 V(\bar{R}) (a - \frac{L}{2})}{L^2} = \frac{4}{2} \text{ton} = \frac{6 \times 21.65 (2.7 - \frac{L}{2})}{L^2} = 2 \text{ ton}$$

$$= 2L^2 - 350.73 - 64.59L$$

$$b = \frac{- 64.59 \pm \sqrt{64.59^2 - 4 \times 2 \times 350.73}}{2 \times 2} = 2L^2 + 64.59.L - 250.73 = 4.80 \text{ m}$$

weight of foundation (W_4) $= .80 \times 2.1 \times 4.8 = 8.06$ ton

Total of horzintal force (Σx) $= 6.10 + 1.66 = 7.76$ ton

Total vertical load (Σy) $= 21.65 + 8.06 = 29.71$ ton

Resultant of all forces (R) $= \sqrt{(29.71)^2 + (7.76)^2} = 30.69$ ton

$$\tan \alpha = \frac{21.65}{7.76} = 70^{\circ}$$

$$F \text{ to } W_4 = \frac{W_4}{1.00 \times L} = \frac{.8 \times 2.1 \times 4.8}{1.00 \times 4.80} = 1.7 \text{ ton / m}^2$$ الجهد للقاعدة العادية فقط

$$F \text{ to } V(\bar{R}) = \frac{VR^-}{1.00 \times 4} = \frac{21.65}{4.80} = 4.51 \text{ ton / m}^2$$ الجهد للحائط نفسه

$$F_2^1 = \frac{(VR^- . \chi)\ \frac{L}{2}}{1.00 \times \frac{L^3}{12}} = \frac{21.65 \times 0.27 \times 2.4}{1.00 \times \frac{4.8^3}{12}} = 1.75 \text{ ton / m}^2$$ الجهد الناتج من الجهد المتغير

حيث :

2.1 = الوزن النوعى للخرسانة العادية بالطن .

W_4 = وزن القاعدة .

.80 = ارتفاع القاعدة = t

4.8 = طول القاعدة الناتج من المعادلة السابقة .

VR = الحمل الرأسى الناتج من الحائط .

0.27 = (χ) بعد المحصلة من منتصف القاعدة وتأخذ من الرسم .

$\therefore F_1 = 1.70 + 4.51 + 1.75 = 7.96$ ton / m²

$F_2 = 1.70 + 4.51 - 1.75 = 4.46$ ton / m²

The variation of stress $= 7.96 - 4.46 = 3.5$ ton / m² $= .35$ kg / cm² < 1 kg / cm²

Check of stress a section at $\chi - \chi$

The area of trapezium $= \frac{6.6 + 7.96}{2} \times 1.84 = 13.39$ ton / m²

$$M\ \chi - \chi = 13.39 \times 1.00 \times .85 - .80 \times 2.1\ \frac{1.84^2}{2} \times 1.00 = 8.54 \text{ m.t}$$

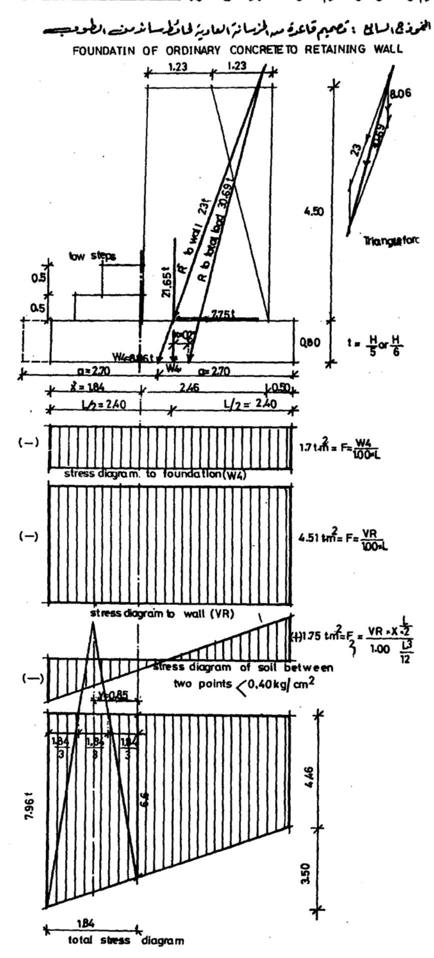
$$F_1 = \frac{M \times y}{I} = \frac{M \times D/2}{1.00 \times \frac{D^3}{12}} = \frac{8.55 \times .40}{1.00 \times \frac{.80^3}{12}} = 81.42 \text{ ton / m}^2$$

It is not allowable we put steps .

$$\text{To get D} = \frac{M\ \chi - \chi \times D/2}{1.00 \times d^3 / 12} = 20 \text{ ton / m}^2$$

$$\text{i:e } 8.55 \times \frac{D}{2} = \frac{D^3 \times 20}{12} \therefore \frac{8.55}{2} = \frac{D^2 \times 20}{12} = 1.60 \text{ m}$$

Taken two steps 50 cm height .



النموذج السابع : تصميم قاعدة من الخرسانة العادية لحائط ساند من الطوب
FOUNDATIN OF ORDINARY CONCRETETO RETAINING WALL
1.23
1.23
8.06
23
30.69
4.50
Trianglefor
tow steps
0.5
0.5
21.65t
R' to wall 23t
R to total load 30.69t
7.75t
t=0.2
0.80
t = H/5 or H/6
W4=8.06t
W4
a=2.70
a=2.70
X=1.84
2.46
0.50
L/2=2.40
L/2=2.40
(—)
1.7 t/m² = F=W4/100×L
stress diagram to foundation (W4)
(—)
4.51 t/m² = F=VR/100×L
stress diagram to wall (VR)
(+)1.75 t/m² = F = VR×X×L/2 / 1.00 L3/12
stress diagram of soil between two points <0.40kg/cm²
(—)
Y=0.85
1.84/3
1.84/3
1.84/3
7.96t
6.6
4.46
3.50
1.84
total stress diagram

نموذج رقم ٨ :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة وجهد التربة ١٠ طن / م٢ وذلك للحائط الذى بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذى سبق لها رسم الـ (Force polyogon) .

الحل :

سنأخذ المقاسات التى سبقت فى المثال رقم (٥) وهى أن القاعدة طولها ٤,٨٠م وارتفاع القاعدة ٨٠, متر .

L = = 4.80 m

Weight the base (W_4) $= 4.8 \times .80 \times 2.5 = 9.6$ ton

Load on soil / m^2 (F) $= \dfrac{W_4 + VR}{L \times 1.00} = \dfrac{9.6 + 21.65}{1.00 \times 4.8} = 6.51 \text{ ton/ } m^2 < 10 \text{ ton/ } m^2$

$M\,\chi - \chi = (F \times \bar{\chi} \times 1.00 \times \dfrac{\bar{\chi}}{2}) - (t \times 1.00 \times \bar{\chi} \times 2.5 \times \dfrac{\bar{\chi}}{2})$

$= (6.51 \times 1.84 \times 1.00 \times \dfrac{1.84}{2}) - (.80 \times 1.00 \times 1.84 \times 2.5 \times \dfrac{1.84}{2}) = 7.635 \text{ m.t}$

Check d when fc $= 55 \text{ kg / cm}^2$ & $K_1 = .334$ & $K_2 = 1227$

d to B.M $= K_1\sqrt{\dfrac{m}{b}} = .334 \sqrt{\dfrac{763500}{100}} = 29$ cm say 35 cm

d to shear $= \dfrac{1.84 \times 6.51}{1.00 \times .87 \times 5} = \dfrac{12040}{100 \times .87 \times 5} = 27.67$ cm take T 50 cm

$As = \dfrac{M}{K_2.d} = \dfrac{763300}{1227 \times .87 \times 50} = 14.30 \text{ cm}^2$ take $11\phi13$ / m

$A\acute{s} = .015\%\ AC = \dfrac{15 \times 480 \times 50}{10000 \times 2} = 18$ cm $= 26\phi10$mm in top&bottom

$M\chi - \chi$ when depth of base .50 m

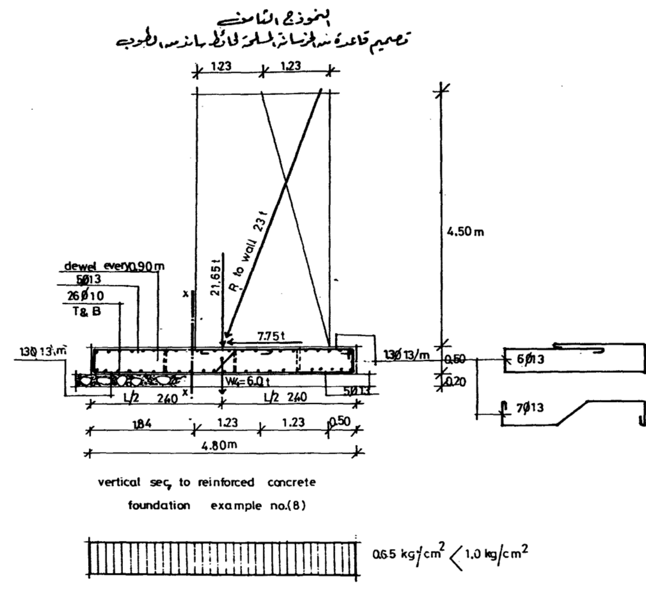
$M\chi - \chi = (6.51 \times 1.84 \times 1.00 \times \dfrac{1.84}{2}) - (.50 \times 1.00 \times 1.84 \times 2.5 \times \dfrac{1.84}{2}) = 8.914 \text{ m.t}$

$As = \dfrac{M}{K_2 \times .78\,T} = \dfrac{891400}{1227 \times .87 \times 50} = 16.70 \text{ cm}^2 = 13\phi13 /m$

load on soil / m^2 $= \dfrac{\text{weight of base } w_4 + \text{weight ofwall}}{1.00 \times 4.80}$

$= \dfrac{4.8 \times .50 \times 2.5 + 21.6}{1.00 \times 4.8} = 6.04 \text{ ton / } m^2 < 10 \text{ ton /} m^2$

لا داعى فى القواعد الخرسانية المسلحة لرسم المحصلة لأنها لن تخرج عن نطاق هذا الحسأب ولا داعى لتغيير حساب القص.



vertical sec. to reinforced concrete foundation example no.(8)

stress diagram

نموذج رقم ٩ :

المطلوب تصميم قاعدة على خوازيق من الخشب بقطاع ٢٠, × ٢٠, والخازوق الواحد يتحمل ١٢ طن وذلك للحائط التى بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذى سبق رسم (Force polygon) لهذه الأحمال والمسافة بين كل خازوقين من المحور إلى المحور (S) = ٦٠ سم علماً بأن هذه القاعدة لا تستعمل إلا فى البلاد التى بها أخشاب كثيرة .

Design of foundation

Pile	= .20 x 20	
S	= 3D	= .60 m
T	$= \frac{H}{5}$ or $\frac{H}{6}$ take it	= .80 m
weiht of wall	= 21.65 ton	= 21.65 ton
w_4	= 3.5 x .80 x 2.1 x 1.00	= 5.88 ton
Total VR	= 21.65 + 5.88	= 27.53 ton
χ	= .50 m from drawing	= .50 m
F_2^1	$= \frac{-VR}{A} \left(1 \pm \frac{6\chi}{b}\right)$	

$$F_2^1 = \frac{-27.53}{1.00 \times 3.5} \left(1 \pm \frac{6 \times .50}{3.5}\right)$$

$$F_1 = -7.86 \times 1.85 = -14.54 \text{ ton} / m^2$$

$$F_2 = 7.86 \times .15 = +1.18 \text{ ton} / m^2$$

النموذج التاسع : تصميم قاعدة خرسانية عادية على خوازيق خشبية لحائط ساند من الطوب

FOUNDATION ON TIMPER PILES EXAMPLE NO. (9)

1.23 1.23
4.50
0.5 0.5
R̄ = 23 t
R = 27 t
0.80
0.5
W4
D.0.20
3 2 1
5.88 t
23 t
27 t
Triangle forces
3.5
1.75 1.75
F = 10
N = 2.28
1/3F 1/3F 1/3N 2/3N
0.118 kg/cm²
14.54 t
10 t
90°
stress diagram divided into two Piles
3.25
main 4Φ6
secondery 3Φ5
S = 0.80
S = 0.80
Pile 20x20cm

Part of plan foundation

To get number of compression piles use equation $N = \frac{A \times S}{Fc}$ =

$$N = \frac{14.54 \times 3.25 \times 0.6}{2 \times 12} = 1.18 \text{ pile take two piles}$$

To get number of tension pile $= \frac{1.18 \times 0.50}{2 \times 12}$ = 0.2 pile take or neglect it

Check on compression piles :

pile No (3) $= \frac{14.5 + 10}{2} \times 1 \times .60 = 7.35 \text{ ton} < 12 \text{ ton}$

pile No (2) $= \frac{2.25 \times 10}{2} \times .60 = 6.75 \text{ ton} < 12 \text{ ton}$

Note total dimension taken from drawing .

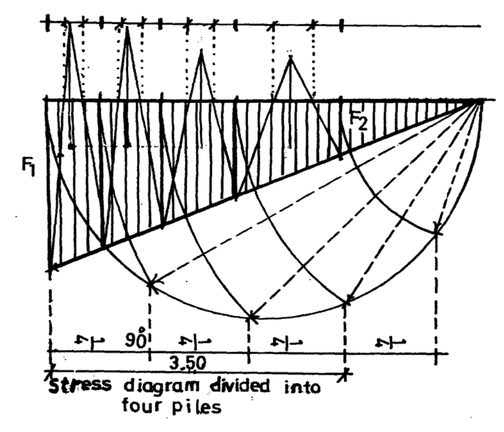
حيث ∴ N = عدد الخوازيق .

S = المسافة بين كل خازوقين = ٦٠ سم .

F_c = ما يتحمله الخازوق الواحد بالطن = ١٢ طن .

ملحوظة : (١) لاستنتاج ما يتحمله الخازوق الواحد يتم عمل الرسم لخازوقين كما هو موضح بالرسم وفى حالة وجود أكثر من خازوقين يستعمل الرسم الثانى وهو مقسم إلى أربعة خوازيق ويعتبر ما يتحمله الخازوق الواحد هو مساحة شبه المنحرف أو المثلث ويكون موضع الخازوق فى مركز ثقل المثلث أو الشبه منحرف وإذا كان مثلثاً فمن المعروف أن مركز ثقل المثلث يقع فى ثلث الارتفاع من ناحية القاعدة تقريباً وأما شبه المنحرف فيقسم قاعدة شبه المنحرف الأفقية إلى ثلاثة أقسام متساوية ثم يتم توصيل أركان القاعدة السفلى لهذه النقط فنقطة التلاقى هى مركز ثقل شبه المنحرف وذلك التوزيع يحدث للقاعدة إذا كان بها Eccentricity فقط أما إذ كان العامود محورى مع القاعدة فكل خازوق سيتحمل مثل الآخر .

٢ – استعمل الخازوق الثالث لعمل توازن مع القاعدة وإذا كان هناك بعض الشد أو الضغط بتحمله هذا الخازوق وكان من الممكن عدم استعماله ولكن فى تنفيذ القاعدة الخشبية لابد من استعماله .



Stress diagram divided into four piles

Notes to pile foundation for retaining R.C piles.

Pile foundation for retaining walls is used when good soil is deep or when sufficient width foundation is not available -

R = resultant of R^- & W_4 . Suppose it falls outside middle third of the base -

Stress digram with be two triangles get F_1 & F_2 , A_1 & A_2 .

$$N_1 = \frac{A_1 S}{F_c} \quad \& \quad N_2 = \frac{A_2 S}{Ft}$$

Where :

S = spacing of pile rows

N = number of piles

F_c = capacity of pile in compession

F_t = capacity of pile in tension

Divide A_1 into N_1 equal areas & place compression pile at C.G of each strip area & place N_2 tension piles to resist tension zone of stress diagram .

نموذج رقم ١٠ :

المطلوب تصميم قاعدة من الخرسانة المسلحة مرتكزة على خوازيق من الخرسانة المسلحة الذى يحمل بأمان لقوى الضغط ١٥ طن ، ١٠ طن لقوى الشد وذلك للحائط الذى بالمثال رقم (٦) بجميع أحماله والذى سبق رسم (Force polyogen) لهذه الأحمال والمسافة بين كل صف من الخوازيق (3.D) ٦٠ سم مع الأخذ فى الاعتبار ما تم شرحه عن هذه الخوازيق بالملاحظات السابقة.

Design of foundation

Pile = 20 x 20 cm

S = 3D = 3 x 20 = .60 m

T = 60 cm = .60 m

VR = = 21.65 ton

W_4 = 3.5 x .60 x 2.5 = 5.25 ton

χ = .55 m from drawing = .55 m

$$F_2^1 = \frac{VR}{A}\left(1 \pm \frac{6\chi}{b}\right)$$

$$= \frac{-21.65 + 5.25}{3.5 \times 1.00}\left(1 \pm \frac{6 \times .55}{3.5}\right)$$

F_1 = - 7.69 x - 1.94 = + 14.91 ton

F_2 = - 7.69 x + 0.6 = - .46 ton

To get number of compression pile use equation $N = \frac{A.S}{Fc}$

$$N = \frac{14.91 \times 3.5 \times 0.6}{2 \times 15} = 1.04 \text{ pile}$$

Check of compression piles :

$$\text{pile No (3)} = \frac{14.91 + 11}{2} \times 1.00 \times .60 = 7.74 \text{ ton} < 15 \text{ ton}$$

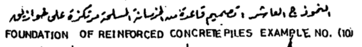
$$\text{pile No (2)} = \frac{11 \times 2.5}{2} \times 1.00 \times .60 = 8.25 \text{ ton} < 15 \text{ ton}$$

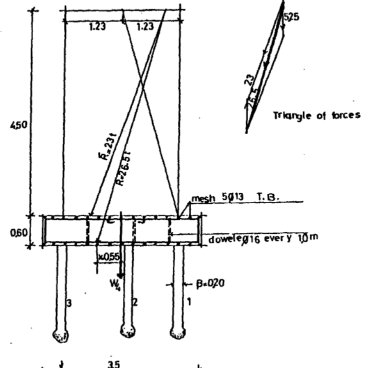
Check of shear to base :

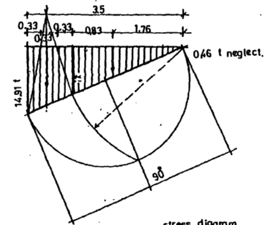
$$\text{pile No (3)} = q_s = \frac{Q_s}{b \times .87d} = \frac{7740}{60 \times .87 \times .60} = 2.47 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg / cm}^2$$

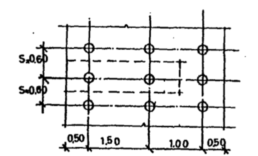
pile No. (2) $= \dfrac{8250}{60 \times .87 \times 60} = 2.63\ kg / cm^2 < 5\ kg/cm^2$

Approximately $A_s = 0.2\ \%\ A_c = \dfrac{60 \times 350 \times 2}{1000} = 42\ cm^2$ take mech top & bottom $5\phi13\ /\ m^2$









ملحوظة :

الخازوق رقم واحد وضع للاتزان أو لتحمله بعض الأحمال القليلة .

سابعاً :

تأثير وجود طبقات مختلفة من الأتربة فى الوزن والنوع على الحائط الساند .

The effect of the existence of different layers of soil that differ in weight & kind .

تأثير وجود طبقات مختلفة من الأتربة فى الوزن وزاوية درجة الاحتكاك على الحائط الساند

TWO LAYERS THREE LAYERS

First: $P_1 = W_1 \times H_1 \left[\frac{1 - \sin \Phi 1}{1 + \sin \Phi 1}\right]$ equation (1)

Assume earth (H_1) to be replaced by earth of characteristics of earth (2) with a certain height (H_3) that will give at level (χ) a pressure equal to (P_1) .

$P_3 = P_1 = W_2 H_3 \left[\frac{1 - \sin \Phi 2}{1 + \sin \Phi 2}\right]$ equation (2)

P_2 = Pressure of soil of characteristies (2) with a height (H_2 & H_3)

$= W_2 (H_2 + H_3) \left[\frac{1 - \sin \Phi 2}{1 + \sin \Phi 2}\right]$ equation (3)

$P_4 = P_2 - P_1 = W_2 (H_2 + H_3 - H_3) \left[\frac{1 - \sin \Phi 2}{1 + \sin \Phi 2}\right]$ equation (4)

Now need for calculation H_3 & follow the method : -

A - Find P_1 from equation (1) .

B - Draw vertical line downward .

C - Get P_4 from equation (4) .

Total pessure = sum of two triangles and rectangle .

نموذج رقم (١١) :

المطلوب تصميم حائط ساند لنوعين من التربة المختلفة فى الوزن وزاوية الاحتكاك الداخلية حسب الفروض الآتية :

التربة العليا : H_1 = ١,٨م ، W = ١,٤٠ طن / م٣ ، زاوية الاحتكاك = ٣٠° .

التربة السفلى H_2 = ٢,٧م ، W = ٢,٢ طن / م٣ ، زاوية الاحتكاك = ٣٥° .

وزن الطوب = ٢ طن / م٣ .

جهد الضغط على الطوب = ٥ كجم / سم٢ .

Design of retaining wall

أولاً : لاستنتاج القوى المؤثرة والناتجة عن التربتين المختلفتين :

١ – حساب قوى التربة الضعيفة العلوية وينتج عنها P_3 وتساوى P_1 = ٨٣٩, طن .

٢ – إسقاط هذه النقطة رأسياً إلى أن تلتقى قاعدة المثلث رقم (٣) ويظهر المستطيل (رقم ١) الذى قاعدته ٨٣٩, طن .

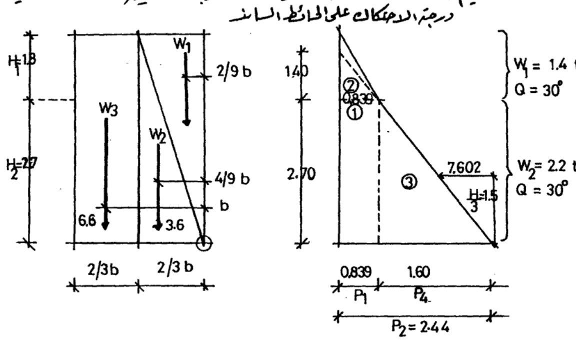
٣ – استخراج قيمة H_3 من المعادلة $P_3 = P_1$ ويظهر المثلث رقم ٣ الذى ارتفاعه ١,٤٠ .

٤ – استخراج قيمة P_2 وهو للتربة السفلية الثقيلة التى تحل محل التربة العليا بوزنها ٢,٢ طن ويظهر المثلث رقم (٣) .

٥ – طرح $P_1 - P_2$ ويظهر قاعدة المثلث رقم (٣) .

٦ – تجميع جميع الضغوط للمستطيل رقم (١) والمثلث رقم (٢) والمثلث رقم (٣) .

٧ – جميع النتائج السابقة من الحساب التالى : –



$P_1 = W_1 \times H_1 \left[\frac{1 - \sin \Phi_1}{1 + \sin \Phi_1}\right] = 1.8 \times 1.4 \left[\frac{1 - .50}{1 + .50}\right]$ معادلة رقم (١) $= .839$ ton

$P_3 = P_1 = W_2 \times H_3 \left[\frac{1 - \sin \Phi_2}{1 + \sin \Phi_2}\right]$

$.839 = 2.2 \times H_3 \left[\frac{1 - 0.574}{1 + 0.574}\right] = 2.2 \times H_3 \left[\frac{.426}{1.574}\right]$

$H_3 = \frac{.839}{0.594} = \quad = 1.41$ m

$P_2 = W_2 (H_2 + H_3) \left[\frac{1 - \sin \Phi_2}{1 + \sin \Phi_2}\right] = 2.2 (2.7 + 1.41) \frac{.426}{1.574}$ معادلة رقم (٣) $= 2.44$ ton

Total pressure = rectangle (1) + triangle (2) + triangle (3) .

pressure of rectangle (1) $= 2.7 \times .839 \quad = 2.262$ ton

pressure of triangle (2) $= \frac{.839 \times 1.4}{2} \quad = 0.587$ ton

$P_4 = P_2 - P_1$ $= 2.44 - 0.839$ $= 1.6$ ton

pressure of triangle (3) $= \dfrac{1.6 \times 2.7 \times 2.2}{2}$ $= 4.75$ ton

Total pressure $= 2.262 + 0.587 + 4.550$ $= 7.602$ ton

ثانياً : لتصميم الحائط يتبع الآتى :

weight of the medium of two soils $= \dfrac{1.8 \times 1.4 + 2.7 \times 2.2}{2}$ $= 1.88$ ton / m^3

$w_1 = \dfrac{2}{3} b \times \dfrac{H}{2} \times w = \dfrac{2}{3} b \times \dfrac{4.5}{2} \times 1.88 = 2.82.b$ ton

$w_2 = \dfrac{2}{3} b \times \dfrac{H}{2} \times w = \dfrac{2}{3} b \times \dfrac{4.5}{2} \times 2 = 3.b$ ton

$w_3 = \dfrac{2}{3} b \times H \times w = \dfrac{2}{3} b \times 4.5 \times 2 = 6.b$ ton

B.M = O = sum of all moments = O = $(w_1 + w_2 + w_3) \times .75$ breadth $\therefore \dfrac{4}{3} b \times \dfrac{3}{4} = b$

$B.M = 7.602 \times \dfrac{4.5}{3} + w_1 \times \dfrac{2}{9} b + w_2 \times \dfrac{4}{9} b + w_3 b = (w_1 + w_2 + w_3) b$

$= 7.602 \times \times 1.5 + 2.82.b \times \dfrac{2}{9} b + 3.b \times \dfrac{4}{9} b + 6.6 \times b = (2.82.b + 3.b + 6.b) b =$

$= 11.403 + .626 b^2 + 1.33b^2 + 6.b^2 = 11.82b^2$

$= 11.403 + 7.959b^2 - 11.82 b^2 = - 3.861.b + 11.403$

$\therefore b^2 = \dfrac{11.403}{3.881} = 2.95$

$b = 1.718$ m

Check of stress :

$w_1 = 2.82 \times 1.718 = 4.844$ ton

$w_2 = 3 \times 1.718 = 5.154$ ton

$w_3 = 6 \times 1.718 = 10.308$ ton

Total weight $= 4.844 + 5.154 + 10.308 = 20.306$ ton

The breadth of base $= \dfrac{4}{3} \times 1.718 = 2.29$ m

$F = \dfrac{2N}{A} = \dfrac{2 \times 20306}{229 \times 100} = 1.773 < 5$ kg / cm^2

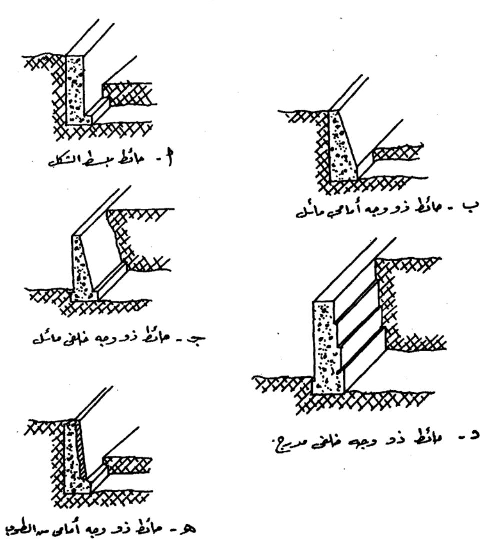


الباب الثالث

الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة

أولاً : الحوائط الساندة من الخرسانة العادية :

والتى تفرض لها أبعاد تقريبية وقاعدة الحوائط مصممة مع الحائط نفسه والأشكال التالية تبين بعض نماذج هذه الحوائط

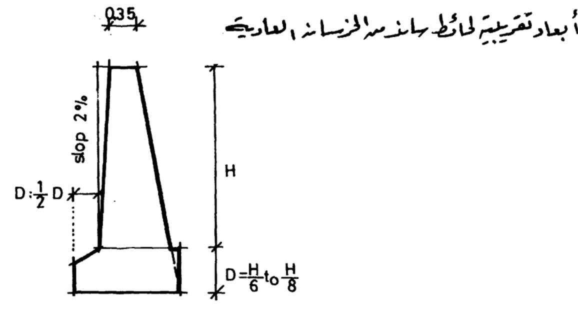


شكل يبين نماذج حوائط كتلية من الخرسانة العادية

سبق أن تكلمنا عن الحوائط الساندة المبنية من الطوب بالطريقة التى يستنتج منها أبعاد القاعدة والآن سنلقى الضوء على الحوائط المصنوعة من الخرسانة العادية والتى سيفترض لها أبعاد تقريبية ثم يتم عمل Check على هذا الحائط لإظهار هل الأبعاد التى فرضت تفى أم يعاد فرض أبعاد أخرى تفى بالإجهادات المطلوبة وتنحصر هذه الفروض فى الآتى :

يمكن أخذ أبعاد الحوائط المبنية من الخرسانة العادية وهى من النوع الثقيل وعادة تأخذ شكل شبه منحرف ويكون الوجه الظاهر منها مائل من أسفل إلى أعلا بمقدار ١ : ٤ وأبعاد القاعدة تختار بحيث تقع محصلة وزن الحائط والأتربة وضغط التربة

فى الثلث الأوسط للقاعدة ويختار سمك الحائط العلوى بقيمة $\frac{H}{12}$ على أن لا يقل عن ٣٥ سم ونظراً لجسائة هذه القطاعات فإن الإجهادات الناتجة عن وزن الحائط وتأثير ضغط التربة سيكون غالباً منخفضاً وعليه فإن خرسانة الدقشوم أو الخرسانة العادية تكون مناسبة لهذا النوع من الحوائط وعادة ما يكون أكثر القطاعات حرجاً ذلك الذى يربط القدم ببقية الحائط وعليه فيجب حساب إجهادات الشد فى أسفله وتكون حركة الحائط الساند مكونة من مركبتين : إنزلاق إلى الخارج ودوران حول القدم مما يسبب حركة كبيرة نسبياً للنصف العلوى من الحائط وبسيطة للنصف السفلى نظراً لصغر مركبة الدوران قرب القاعدة .



Imperical Deimension

تصميم الحوائط الثقيلة :

تحسب القوى المؤثرة على الحوائط الثقيلة لمتر واحد علماً بأن القوى المؤثرة على حائط ثقيل يتم حسب ضغط التربة الإيجابى باستخدام (نظرية رانكين) التى تفترض أن الحائط الرأسى ينتهى عند الطرف السفلى للكعب واتجاه الضغط موازى لسطح التربة . ويكون محصلة ضغط التربة هو المجموع الإتجاهى (sum - vectors) للقوة P ووزن مثلث التربة على ظهر الحائط W_s لتعطى مقدار واتجاه ضغط التربة وبتحديد توزيع ضغط التربة على القاعدة السفلية للحائط تؤخذ العزوم للقوى المؤثرة (وزن الحائط وضغط التربة حول قدم الحائط Toe) ومن ذلك العزم يحدد بعد المحصلة عن القدم $\bar{X}$

$$\bar{x} = \frac{\text{sum of moment about the toe}}{\text{sum of vertical forces}}$$

ويحسب معامل الأمان ضد الاتزان من نسبة قوى المقاومة إلى قوى التحرك ويجب ألا يقل عن ١,٥٠ للردم الرملى وعن ٢ للردم الطينى .

$$F_{SL} = \frac{\text{sum of resisting forces}}{\text{sum of driving forces}} \nless 1.5$$

ويجب أن يكون استقرار الحائط الساند مضموناً بصورة تقريبية ، ضد الانقلاب والزحف استناداً إلى العلاقة التالية : $\frac{M_{st}}{M_{ov}} \nless 1.5$

حيث M_{st} = عزم الاستقرار

M_{ov} = عزم الانقلاب الناجم عن ضغط والمأخوذ حول الحافة الأمامية للقاعدة

تحليل الأحمال على الحائط الساند بطريقة رانكين

$P_v = P \sin\alpha$

$P_h = P \cos\alpha$

$P_p = \frac{1}{2} W H_p^2 K_p$

V = Wt + Ws · Rankine Analysis

وبمعلومية $\bar{x}$ تحدد اللامركزية χ المؤثر على القاعدة فإذا كان عرض القاعدة B فإن χ تحسب من

$$\chi = \frac{L}{2} - \bar{x}$$

وبمعلومية χ يمكن رسم توزيع ضغط التماس بين القاعدة والتربة وبذلك يكتمل تحديد القوى على الحائط الثقيل .

الفرق بين تصميم الحائط الساند من الطوب السابق دراسته وبين تصميم الحائط الساند من الخرسانة العادية :

١ – فى أمثلة الحوائط المبينة من الطوب كانت تأخذ العزوم حول كعب الحائط وهى نقطة (O) وكنا نستنتج (b) المجهولة البعد وكانت (b) يبعد عن (O) بمقدار $\frac{٢}{٣}$ عرض الحائط أو $\frac{٣}{٤}$ عرض الحائط وبذلك يضمن أن المحصلة تقع فى الـ (middle third) أو الـ (middle fourth) .

٢ – فى الحوائط الخرسانية العادية سيفرض أبعاد تقريبية ويأخذ العزوم حول قدم الحائط (Toe) مقسوماً على إجمالى الأحمال يظهر $\bar{x}$ وهى المسافة بين نهاية قدم الحائط والمحصلة .

٣ – ربما الأبعاد التى حدد للحائط الخرسانى لا يفى فيعاد أبعاد أخرى .

النموذج الثانى عشر :

المطلوب تصميم حائط من الخرسانة العادية لسند ردم ارتفاعه ٤,٧٠م ذات سطح أفقى ومكون من تربة طمية رملية متماسكة ذات زاوية احتكاك داخلى يساوى ٣٠° والوزن النوعى للتربة يساوى ١,٨ طن / م٣ ويعطى عمق أساس مقدار ١,٣٠ م من سطح الحفر والتربة التحتية من نفس نوع الردم وأن الميل الخارجى ١:٢٥ علماً بأن وزن الخرسانة العادية ٢,٢ طن/م٣ وعلى الحائط حمل موزع بانتظام $\frac{١}{٢}$ ١ طن / م٢ والتربة ذات تماسك ٨ طن / م٢ وجهد التربة الخالص ٢٥ طن / م٢ .

The solution

The distribution load $= 1.5\ L / m^2$

The distance of exterior inclined $= (6m - 0.80m) \times \frac{1}{25} = 0.22\ m$

H = 4.70 + 1.30 $= 6\ m$

Let L = .55 x H = .55 x 6 $= 3.3\ m$

Let stem thickness at top $= 0.5\ m$

ملحوظة : K_p مقلوب K_a ، $K_a = \frac{1}{3}$

$$P_p = \frac{1}{2} w H_p \times k_p$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.3^2 \times 3 = 4.65 \text{ ton}$$

act at $\frac{H_p}{3}$

حيث :

P_p = القوة المقاومة للانزلاق

W = وزن التربة التى أمام القدم

H_p = ارتفاع الأتربة من بطن القاعدة أمام القدم حتى سطح الأرض

K_p = مقلوب K_a = 3

$$P = \frac{WH^2}{2}\left(\frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi}\right)$$

$$= 1.8 \times \frac{6^2}{2} \times \frac{1}{3} \quad \text{acting at } \frac{H}{3} \quad = 10.8 \text{ ton}$$

$$P^- = W^- \times H \left(\frac{1-\sin\Phi}{1+\sin\Phi}\right) = 1.5 \times 6 \ \frac{1}{3} \quad \text{acting at } \frac{H}{2} \quad = 3. \text{ ton}$$

$$W_1 = \frac{.22 \times 5.20}{2} \times 2.2 = 1.25 \text{ ton}$$

$$W_2 = 5.20 \times .50 \times 2.2 = 5.72 \text{ ton}$$

$$W_3 = \frac{1.79 \times 5.20}{2} \times 2.2 = 10.23 \text{ ton}$$

$$W_4 = \frac{1.79 \times 5.20}{2} \times 1.8 = 8.38 \text{ ton}$$

$$W_5 = .40 \times 5.20 \times 1.8 = 3.75 \text{ ton}$$

$$W_6 = .80 \times 3.3 \times 2.2 = 5.81 \text{ ton}$$

$$\Sigma.V = 1.25 + 5.72 + 10.23 + 8.28 + 3.75 + 5.81 = 35.14 \text{ ton}$$

$$\Sigma.M = \text{toe} = 1.25 \times .50 + 5.72 \times .86 + 10.23 \times 1.70 + 8.38 \times 2.29 + 3.75 \times 3.10 + 1.65 \times 5.81 + 4.65 \times .43 - 10.8 \times 2 - 3 \times 3$$

$$= 0.62 + 4.91 + 17.39 + 19.19 + 11.62 + 9.59 + 1.99 - 21.6 - 9 = 32.71 \text{ m.t}$$

Check of over turning :

$$F_{ov} = \frac{M_{st}}{M_{ov}} \geqslant 1.5 = \frac{0.62 + 4.91 + 17.39 + 19.19 + 11.62 + 9.59}{-21.6 - 9} = \frac{61.32}{30.60} = 2.003 \geqslant 2$$

حيث إن :

F_{ov} = معامل أمان التحرك .

M_{st} = العزم الحانى للقوى التى تعمل على الاستقرار (مجموع عزم القوى الرأسية) .

M_{ov} = العزم الحانى للقوى التى تعمل على التحرك (مجموع عزم القوى الأفقية) .

To get eccentricity :

$$\chi^- = \frac{\Sigma.M}{\Sigma.y} = \frac{32.71}{35.14} = 0.93 \text{ m}$$

$$\chi = \frac{L}{2} - \chi^- = \frac{3.3}{2} - 0.93 = 0.72 \text{ m} \quad > \frac{L}{6} < \frac{L}{4}$$

حيث ΣM = مجموع قوى العزم عند القدم (toe) .

ΣY = مجموع الأحمال الرأسية .

χ^- = بعد المحصلة عن القدم .

χ = اللامركزية بين المحصلة ومنتصف القاعدة .

moment about middle of Base = $\Sigma V \times \chi$ ∴ 72 x 35.14 = 25.30 m.t

لإستنتاج الجهد على التراب تستعمل القوانين الآتية :

١ – $F_2^1 \dfrac{VR}{A} \pm \dfrac{6M}{bt^2} = \dfrac{VR}{L} \pm \dfrac{6M}{L^2}$ أو $F_2^1 \quad \dfrac{-VR}{L}\left(1 \pm \dfrac{6\chi}{L}\right)$

ونظراً لأن هاتين المعادلتين لا تستعملا إلا فى حالة ما إذا كان χ أقل من أو تساوى $\frac{L}{6}$ والانفصال بين القاعدة والتربة يتكون عند الكعب وفى تلك الحالات يكون عرض التلامس بين القاعدة والتربة مساو لثلاث مرات بعد المحصلة عن القدم وتقارن قيمة الإجهاد الأكبر F وتستعمل المعادلة التالية :

$$F = \frac{\frac{2}{3} V}{\left[\frac{L}{2} - \chi\right]}$$

ويستعمل القانون على أن المحصلة فى الـ (Middle third)

$$F_1^2 = \frac{-VR}{L}\left(1 \pm \frac{6\chi}{L}\right) =$$

$$= \frac{-35.14}{3.3}\left(1 \pm \frac{6 \times .72}{L}\right) = -10.64 \pm 13.92 = \therefore F_1 = +24.56 \text{ ton} / m^2 \;\&\; F_2 = -3.28 \text{ ton}$$

هذا الجهد عالى وعليه سنزيد طول القاعدة بمقدار ٢٥ سم من ناحية القدم مع استمرار جميع الحسابات التى تمت مع إضافة ×,٢٥ بمقدار العزم الحانى ويعاد الحساب بالطريقة الآتية مع عدم تغيير (Σ V)

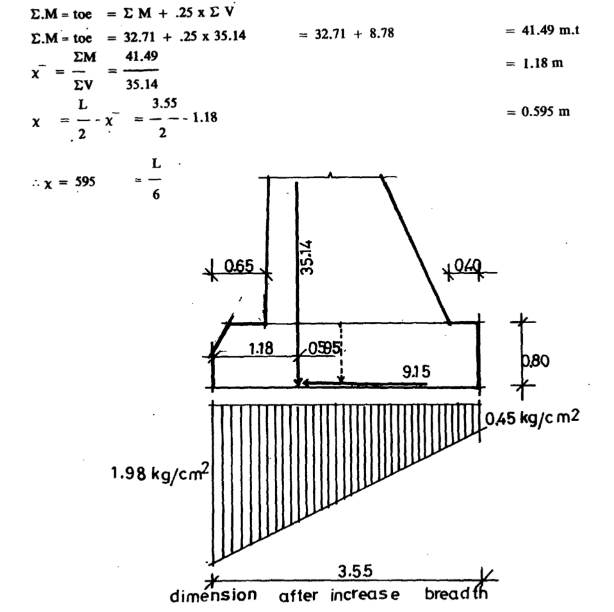
$$\Sigma.M = toe \;=\; \Sigma M + .25 \times \Sigma V$$

$$\Sigma.M = toe \;=\; 32.71 + .25 \times 35.14 \;=\; 32.71 + 8.78 \;=\; 41.49 \text{ m.t}$$

$$\bar{\chi} = \frac{\Sigma M}{\Sigma V} = \frac{41.49}{35.14} = 1.18 \text{ m}$$

$$\chi = \frac{L}{2} - \bar{\chi} = \frac{3.55}{2} - 1.18 = 0.595 \text{ m}$$

$$\therefore \chi = 595 \;=\; \frac{L}{6}$$



$F_2^1 = \frac{-VR}{L}(1 \pm \frac{6\chi}{L}) = -\frac{35.14}{3.55} \pm \frac{35.14 \times 6 \times .595}{3.55 \times 3.55} = -9.89 \pm 9.95$

$F_1 = +19.84 \text{ ton} / m^2 = 1.984 \text{ kg} / cm^2 < 2.5 \text{ kg} / cm^2$ & $F_2 = +.45 \text{ ton} / m^2$

Check of ordinary concrete $= \frac{35140 \times 2}{355 \times 100} = 1.96 \text{ kg} / cm^2 < 2.2 \text{ kg} / cm^2$.

من الممكن إعادة الحساب على أساس القاعدة ٣,٥٥م وفى هذه الحالة سيزيد مقدار العزم الحانى الناتج من الأحمال الرأسية وسيظل العزم الحانى الناتج من القوى الأفقية ثابت وبهذا سيصبح χ أقل من القيمة المعطاه سابقاً وهذا يعطى أمان أفضل .

Check of sliding : يكون استقرار الحائط الساند مضموناً بصورة تقريبية بإحدى المعادلتين التاليتين :

(1) $F_{SL} \; \frac{\Sigma V \times F}{\underline{P}^-} \geqslant 1.2 = \frac{35.14 \times .55}{13.8} = 1.40 \geqslant 1 , 2$ مواصفات روسية

حيث :

$\Sigma.V$ = مجموع الأحمال الرأسية = 35.14 ton

F = معامل احتكاك الخرسانة مع التربة ويوجد مساوياً لما يتراوح فى حدود ,٣ إلى ,٦ وتبعاً لنوع وحالة التربة (التربة رملية طمبية) = ,٥٥ .

$\underline{P}$ = مجموع القوى الأفقية = ١٠,٨ + ٣ = ١٣,٨ طن .

حسب الكود المصرى : معامل الأمان ضد الانزلاق إلى الأمام .

معامل الأمان لا تقل عن (٢) = $\frac{\text{القوى المقاومة للانزلاق على مستوى قاع القاعدة}}{\text{القوى المسببة للانزلاق على مستوى قاع القاعدة}}$ لا تقل عن (٢) .

Drivring force $= P + P^- = 10.8 + 3 = 13.08$ ton

Resisting force $= \underline{P}_p^- + \Sigma y \tan \Phi$ let ϕ 30

$= 4.65 + 35.14 \times 0.577 = 20.27$

$= \frac{20.27}{13.08} = 1.550 \geqslant 1.50$

حيث

هناك بعض المواصفات تنص على أنه إذا كانت التربة عند الـ toe مقلقلة ولم يوجد P_p والأرض تحت القاعدة لها جهد تماسك (C) جيد فيمكن قسمة $\frac{\text{resisting force}}{\text{driving force}} > 1.5$ ولكن فى حالتنا هذه P_p موجودة لأن التربة عند الـ toe غير مقلقلة ولكن لو أهملنا هذه القوة تكون النتيجة الآتية :

Resisting force $= 3.55 \times 8 \times .75 = 21.3$ ton

driving force $= 3 + 10.8 = 13.8$ ton

$F_{SL} = \frac{21.3}{13.8} = 1.54 < 1.5$

حيث :

3.55 = طول القاعدة .

8 = تماسك التربة = C .

.75 = نسبة من تماسك التربة = C^- .

13.8 = مجموع القوتين الأفقيتين الناتجتين عن التربة للحائط الساند .

كما يلاحظ إهمال قوة الشد P_p التى تتولد فى الطبقة السطحية من التربة لعمق Z_o (فى حالة ضغط التربة الفعال) ويمكن حساب هذا العمق Z_o نظرياً من المعادلة التالية :

$$Z_o = \frac{2c}{W \sqrt{K_a}}$$

حيث :

C = تماسك التربة .

K_a = معامل ضغط التربة الفعال = $\frac{1 - \sin \Phi}{1 + \sin \Phi}$

$K_p = \frac{1}{K_a}$

W = الوزن النوعى للتربة .

ومن المشاهدات فى الطبيعة فإن العمق Z_o لا يتجاوز نصف ارتفاع الحائط .

وبعض المراجع ترى أن ميل القاعدة الخرسانية من أسفلها حوالى ٧ درجات إلى الداخل قد تفيد الانزلاق .

أما التماسك C^- فيؤخذ كنسبة من تماسك التربة C حيث $C^- = 0.6 \rightarrow .8C$

والسبب فى تخفيض قيمة C^- عن قيمة C هو القلقلة التى تصاحب إنشاء الحائط وأن التربة الطينية لن تتمكن بسهولة استعادة قيمة التماسك مع القاعدة .

ونحسب معامل الأمان F_{SL} ضد الإتزان من نسبة قوى المقاومة إلى قوى التحرك ويجب ألا تقل عن ١,٥٠ للردم الرملى وعن ٢ للردم الطينى .

ثانياً : الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة : Reinforced retaining wall concrete

ما سبق أن تم دراسته هو الحوائط الساندة من المبانى ومن الخرسانة العادية وسنتعرض إلى دراسة الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة وسنكتفى بحل مثالين فقط .

١ – حائط ساند من الخرسانة المسلحة Cantilever .

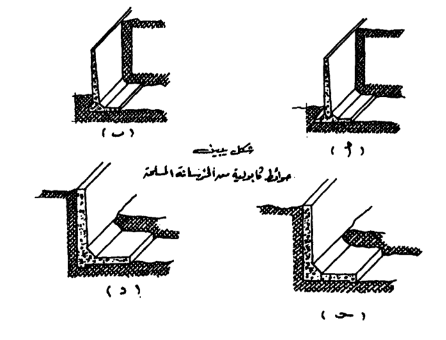
٢ – حائط ساند ذو دعامات counter - forts

وسنلقى الضوء على أعمال الحوائط الساندة للخرسانة المسلحة إجمالاً .

أنواع الحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة :

الحوائط من الخرسانة المسلحة هو نوع خاص من الحوائط التاقلية تعتمد فى اتزانها على وزن التربة فوق كعبها (heel) ويمكن تقسيم هذه الحوائط إلى الأنواع الآتية :

١ – حوائط كابولية وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة مرتبطة مليثياً بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية والأشكال التالية تبين بعض أنواع حوائط كابولية من الخرسانة المسلحة ويستخدم هذا النوع من الحوائط بارتفاع حتى ٢٥ متر .

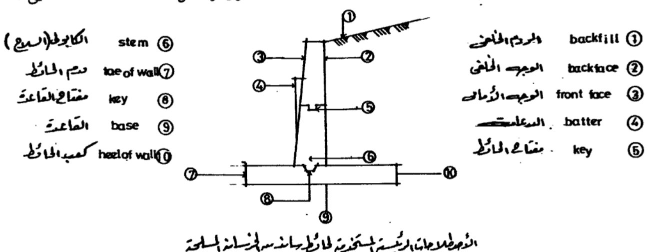


شكل يبين
حوائط كابولية من الخرسانة المسلحة

٢ – حوائط ذات دعامات خلفية (counter - forts) وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة دعامات خلفية ترتبط معها مليثياً ، كما هو موضح بالشكل التالى – ويمكن تخفيف الضغوط الجانبية على ساق الحائط بعمل بروزات أفقية (أرفف) مثبتة على الدعامات .

٣ – حوائط ذات دعامات أمامية (Butresses) وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط مع القاعدة ، عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة سنادات أمامية ترتبط معها مليثياً .

ولكى يكون الحائط الساند ناجحاً فإنه يلزم أن يكون آمناً ضد الانقلاب over turning وكذلك ضد الدوران Excessive tilting وأخيراً يجب أن يكون ذا قطاعات اقتصادية وآمنة إنشائياً فى آن واحد وهناك بعض الاصطلاحات المصاحبة عادة لدراسة الاتزان وتصميم القطاعات والرسم التالى يبين الاصطلاحات لحائط ساند كابولى وتشمل تلك الاصطلاحات ما يلى :



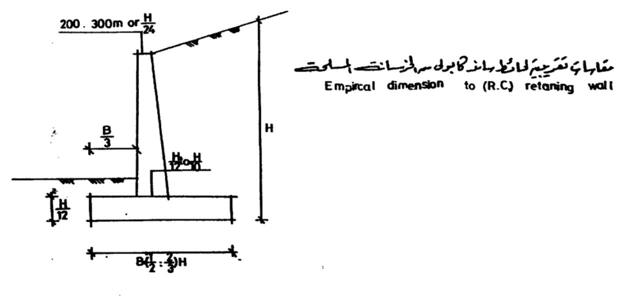
الاصطلاحات الرئيسية المستخدمة لحائط ساند من الخرسانة المسلحة

القيم العملية لأبعاد الحوائط الكابولية : Cantilever wall

أبعاد الحوائط الساندة وتناسبها يجب أن يحقق الاتزان الإنشائى للحوائط وللتربة المسنودة وأن يوافق الكود المصرى للمنشآت الساندة ويمكن استخدام هذه الأبعاد فى غياب معلومات كافية عن التربة المسنودة وقدرة تحمل التربة أسفل الأساس وهذه الأبعاد للاستدلال فقط ولكن يجب بدء الحساب بها ثم تعدل بعد إتمام الحساب النهائى إذ لزم ويختار سمك السلاح العلوى ٣٠٠ملم وذلك لإمكان الصب والدمك ويختار السمك السفلى للكابولى لمقاومة إجهادات القص بدون الحاجة لتسليح خاص للقص .

ويجب اختيار أبعاد القاعدة بحيث تقع المحصلة فى الثلث الأوسط من القاعدة حتى نتجنب الإجهادات العالية عند القدم .

ويجب أن يكون هناك ميل الوجه الحائط على أن الحوائط ذات الارتفاعات التى تقل عن ثلاثة أمتار تنفذ بسمك ثابت وكذلك حوائط الأساسات وذلك لتقليل نفقات أعمال النجارة المسلحة . كما أن تحمل التربة أسفل القاعدة يكون ذا تأثير فى اختيار هذا العمق .



مقاسات تقريبية لحائط ساند كابولى من الخرسانة المسلحة
Empircal dimension to (R.C) retaning wall

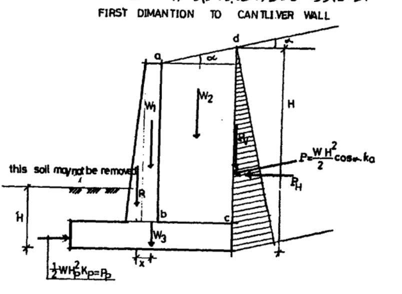
اتزان الحوائط :

لتصميم حائط ساند يلزم تحقيقه الاتزان الخارجى وأيضاً الاتزان الإنشائى وأن تكون القطاعات قادرة على تحمل الإجهادات المؤثرة عليها دون أن ينهار ويحدث الانهيار للحائط إذ ما انزلقت إلى الأمام أو دارت حول قدم الحائط وانهارت تماماً أو مالت بدرجة كبيرة لا يمكن استخدام الحائط معه لخطورة ذلك أو لسوء منظره أو كليهما ويوضح الشكل التالى جميع القوى المؤثرة على الحائط وهى القوى المسببة للانزلاق والقوى المقاومة له ويجب أن يتوفر معامل أمان ضد الانزلاق كما سبق شرحه .

ويؤخذ ضغط التربة السلبى Passive pressure كقوة مقاومة للانزلاق إذا ما كان هناك ضمان بعدم حفر التربة أو إزالتها أو تعرضها للنحر من أمام قدم الحائط .

الأحمال المؤثرة على حائط ساند كابولى من الخرسانة المسلحة

FIRST DIMANTION TO CANTLI.VER WALL



$$K_a = \frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos\Phi}}$$

P_h = $\underline{P}\cos\alpha$

P_v = $\underline{P}\sin\alpha$

W_1 = weight of soil abcd

W_2 = weight of stem (reinforced conc)

W_3 = weight of bas (reinforced conc)

R = $W_1 + W_2 + W_3 + P_v$

النموذج الثالث عشر :

المطلوب تصميم حائط كابولى من الخرسانة المسلحة لسند ردم ارتفاعه ٥,– م وعمق التأسيس ١,٥٠م ومكونة من تربة رملية طميية ذات زاوية احتكاك داخلى ٣٠° ووحدة الأوزان ١,٨٠ طن / م٣ والتربة تحت التأسيس مكونة من طبقة طينية متماسكة ذات تماسك وتساوى ٧ طن / م٢ والوزن النوعى للتربة ١,٩ طن / م٣ وميل الردم الخلفى = ١٥° مع الأفقى .

النموذج الثالث عشر : تصميم حائط ساند كابولى من الخرسانة المسلحة

EX.(13) DESIGN CANTLI.VER WALL FROM (R.C)

3.60m, 3.00, 2.70m, 1.65m, 1.40m, 15°, H=0.48, 5.00 m, W4, 4.42t, H=6.50, W3, 16.42t, 15.76t, 1.2, W2, W1, 1.50m, 6.07, 0.50, 0.3, 0.1, 0.6, 6.89, 3=2.33, 1.8, W5, L=3.60

ملحوظة :

$$\frac{1}{2}W.H_p^2.K_p \quad \text{act at} \quad \frac{H_p}{3} = P_p$$

حيث

W = وزن المتر المكعب من التراب

H_p = الارتفاع من بطن الأساس حتى سطح الأرض

K_p = مقلوب K_a

$K_a = \frac{1 - \sin\Phi}{1 + \sin\Phi} = \frac{0.5}{1.5} = \frac{١}{٣}$. حيث ϕ = ٣٠°

K_p = ٣

let H = 5 + 1.5 = 6.50

H^- = 1.80 x tan 15° = 1.80 x .267 = .48 m

$H + H^-$ = 6.50 + .48 = 6.98 m

$$K_a = \left[\frac{-96 - \sqrt{.96^2 - .86^2}}{.96 + \sqrt{.96^2 - 86^2}}\right] = .39$$

K_p = = 3.9

$$P = W \frac{H^2}{2} \times \cos\alpha \left[\frac{\cos\alpha - \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}{\cos\alpha + \sqrt{\cos^2\alpha - \cos^2\Phi}}\right]$$

$$= \frac{1.8 \times 6.98^2}{2} \times .96 \left[\frac{.96 - \sqrt{.96^2 - .86^2}}{.96 + \sqrt{.96^2 - .86^2}}\right]$$

$$= \frac{1.8 \times 6.98^2}{2} \times .96 \times .39 = 16.42 \text{ ton}$$

$P_h = P \cos 15^\circ = 16.42 \times .96 = 15.76$ ton

$P_v = P \sin 15^\circ = 16.42 \times .258 = 4.24$ ton

$P_p = \frac{1}{2} W \times H^2_p \times K_p = \frac{1}{2} \times 1.8 \times 1.5^2 \times 3.9 = 7.89$ ton

$W_1 = \frac{.30 \times 5.9}{2} \times 2.5 = 2.22$ ton

$W_2 = .30 \times 5.9 \times 2.5 = 4.44$ ton

$W_3 = 1.80 \times 5.9 \times 1.8 = 19.16$ ton

$W_4 = \frac{.48 \times 1.8}{2} \times 1.8 = 0.78$ ton

$W_5 = .60 \times 3.60 \times 2.5 = 5.40$ ton

Wall stability :

$\Sigma.M \approx \text{toe} = 1.4 \times W_1 + 1.65 \times W_2 + 2.7 \times W_3 + 3 \times W_4 + 1.80 \times W_5 + PV \times 3.6 + .50 \times P_p - 2.33\, P_h$

$= 1.4 \times 2.22 + 1.65 \times 4.44 + 2.7 \times 19.16 + 3 \times .78 + 1.8 \times 5.40 + 4.24 \times 3.6 + .50 \times 7.89 - 2.33 \times 15.76$

$= 3.10 + 7.33 + 51.73 + 2.34 + 9.72 + 15.26 + 3.95 - 36.72 = 56.71$ m.t

$\Sigma.V = P_v + W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5$

$= 4.24 + 2.22 + 4.44 + 19.15 + 0.78 + 5.40 = 36.23$ ton

Check of over turning

$$F_{oy} = \frac{\Sigma \text{ Resisting moment}}{\Sigma \text{overturning moment}} \geqslant 1.5$$

$$= \frac{93.43}{36.23} = 2.57 \geqslant 1.5$$

To get eccentristy (χ) ·

$$\bar{\chi} = \frac{\Sigma M}{\Sigma V}$$

$$\chi = \frac{L}{2} - \bar{\chi}$$

حيث :

χ = مسافة اللامركزية

$\bar{\chi}$ = المسافة من نهاية الكعب إلى الداخل

$\Sigma.M$ = مجموع العزوم

$\Sigma.V$ = مجموع الأحمال الرأسية

L = طول القاعدة

$\bar{\chi} = \frac{\Sigma.M}{\Sigma.V} = \frac{56.71}{36.23} = 1.56$ m

$\chi = \frac{L}{2} - \bar{\chi} = \frac{3.6}{2} - 1.56 = .24 < \frac{b}{6}$

$\Sigma.M \approx \text{base} = \Sigma V \times \chi = 36.23 \times .24 = 8.70$ m.t

$$F_2^1 = \frac{-VR}{L}\left(1 \pm \frac{6\chi}{L}\right) = \frac{36.23}{3.60}\left(1 \pm \frac{6 \times .24}{3.60}\right)$$

$= -10.06 \pm 4.03$ $F_1 = 14.07$ & $F_2 = 6.03$ ton / m^2

Check of sliding :

Driving force $= P_h$ $= 15.76$ ton

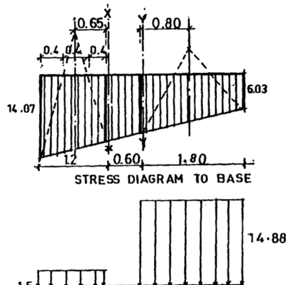
Resisting force $= P_p + \Sigma V \tan \Phi = 6.07 + 36.23 \times .577$ $= 26.98$ ton

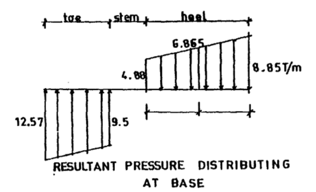
$F_{sliding} = \frac{26.98}{15.76} = 1.712 > 1.5$

Design of heel

هناك طريقتان لأخذ العزوم

(١) طريقة تقريبية وهى أن تأخذ العزم الحانى حول y - y ونأخذ المقاسات إما من الرسم الدقيق أو من الحساب وتتم كالآتى من الرسم التالى :





$$B.M_{y-y} = \frac{6.03 + 10}{2} \times 1.8 \times .80 - (W_3 \times .90 + W_4 \times 1.2 + 4.42 \times 1.8 + 1.8 \times .60 \times 2.5 \times .90)$$

$= 8.015 \times 1.8 \times .80 - (19.16 \times .90 + .78 \times 1.2 + 4.42 \times 1.8 + 2.43)$

$= 11.54 - (17.244 + .936 + 7.956 + 2.43)$

$= 11.540 - 28.566$ $= 17.020$ m.t

(٢) طريقة دقيقة وتستنتج من أخذ العزوم من محصلة توزيع الضغط على القاعدة .

(resultant pressure distribution on base)

$$\text{Total pressure on heel/m} = \frac{19.16 + .78 + 4.42 + 2.43}{1.8} = \frac{27.06}{1.8} = 14.88 \text{ ton / m}^-$$

Resultant pressure distribution on heel = 14.88 - 6.03 = 8.85 ton / m⁻

& 15.03 - 10 = 4.88 ton / m⁻

$$B.M = y - y = 4.88 \times 1.80 \times .90 + 3.97 \times 1.8 \times \frac{1.8 \times 2}{3} = 16.480 \text{ m.t}$$

١ – عند أخذ العزم تم تقسيم الشبه منحرف الذى ارتفاعه ٨,٨٥ ، ٤,٨٨ إلى مستطيل ارتفاعه ٤,٨٨ ، مثلث ارتفاعه ٣,٩٧ ثم أخذت العزوم فى مركز ثقل كلٌ منهما كما سبق .

٢ – بالمقارنة بين الطريقة (١) ، (٢) نجد أن الفرق = ١٧,٠٢٠ – ١٦,٤٨٠ = ٠,٥٤٠م. طن وهذا فرق بسيط ويعتبر هذا فرق ضعيف جداً بالنسبة إلى B.M ولكن الطريقة (٢) تساعدنا فى استنتاج قوى القص والتماسك .

$$d = K_1\sqrt{\frac{M}{b}} = .361\sqrt{\frac{1648000}{100}} = 46.3 \text{ cm say T } 0.55$$

$$As = \frac{M}{k_2.d} = \frac{1648000}{1237 \times .87 \times 55} = 27.84 \text{ cm}^2$$

when we take T = 60 $\therefore As = \frac{1648000}{1237 \times .87 \times 60} = 25.52 \text{ cm}^2$ take 10ϕ19 / m⁻

Check of shear :

$$Q_s = \frac{4.88 + 8.85}{2} \times 180 = 12.327 \text{ ton}$$

$$q_s = \frac{12327}{100 \times .87 \times 60} = 2.36 \text{ kg / cm}^2 < 5 \text{ kg}$$

$$q_b = \frac{12327}{60 \times .87 \times 10 \times 3.14 \times 1.9} = 3.95 \text{ kg / cm}^2 < 8 \text{ kg}$$

$$\bar{As} = .025\%A = \frac{100 \times 60 \times 25}{10000} = 15 \text{ cm}^2 \text{ say } 8\ \phi\ 16/\bar{m}$$

Design of toe

كما سبق فى تصميم الـ heal سيتم تصميم الـ toe بطريقتين كالآتى :

(١) الطريقة التقريبية نأخذ العزوم حول χ - χ ولم يأخذ وزن الأتربة فوق الـ toe ويأخذ وزن الخرسانة فقط .

$$B.M = \chi - \chi = \frac{14.07 + 11}{2} \times 1.2 \times .65 - (60 \times 1.2 \times 2.5 \times .60)$$

$$= 9.777 - 1.08 = 8.697 \text{ m.t}$$

(٢) الطريقة الدقيقة يأخذ العزوم من محصلة توزيع الضغط .

pressure of slab = .60 x 2.5 = 1.5 ton / m²

Resultant pressure distribution on toe = 14.07 - 1.500 = 12.57 ton / m²

= 11 - 1.500 = 9.5 ton / m⁻

$$B.M = \chi - \chi = 9.5 \times 1.2 \times .60 + \frac{3.07 \times 1.2}{2} \times 1.2 \times \frac{2}{3} =$$

$$= 6.840 + 1.473 = 8.313 \text{ m.t}$$

بالمقارنة بين الطريقة (١) ، (٢) ٨,٦٩٧ - ٨,٣١٣ = ٠,٣٨٤م طن وهذا فرق بسيط .

ملحوظة : أهمل وزن الأتربة التى تعلو الـ toe

$As = \frac{M}{K_2.d} = \frac{831300}{1237 \times .87 \times .60} = 12.87\ cm^2$ take 7ϕ16 / m^-

$As^- = .025\%\ Ac = \frac{100 \times 60 \times 25}{10000} = 15\ cm^2$ take 8ϕ16 m^- top and bottom

$Q_s = \frac{12.57 + 9.5}{2} \times 1.2 = 13.242$ ton

$q_s = \frac{13242}{100 \times .87 \times 60} = 2.53\ kg / cm^2 < 5\ kg / cm^2$

$q_b = \frac{13242}{.87 \times 60 \times 7 \times 3.14 \times 1.6} = 7.21\ Kg / cm^2 < 8\ k / cm^2$

Design of stem :

Height of vertical line of the earth which effect on stem = 6.98 - .60 = 6.38 m

Heigh of stem = 6.5 - 60 = 5.90 m

$P = w H k_a$ = 1.8 x 6.38 x .39 = 4.48 inclined at 15°

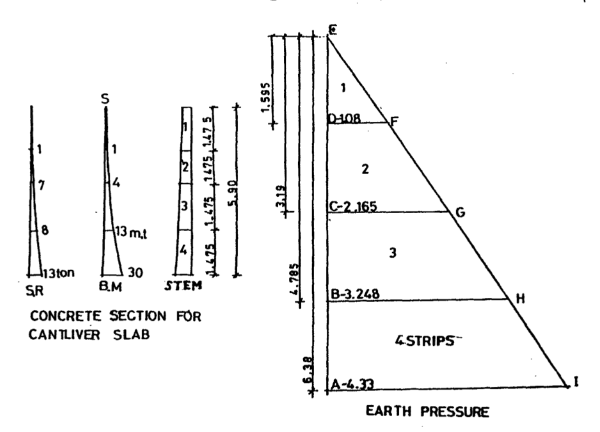
P in horzintal = 4.48 x Cos 15° = 4.48 x .9659 = 4.33

لتصميم الـ stem نتبع الطريقة الآتية وهى تقريبية مأمونة بدل اللجوء إلى طريقة التفاضل والتكامل :

(١) من البيانات السابقة يتضح أن ارتفاع التراب فوق ظهر القاعدة = ٦,٩٨ - ٠,٦٠ = ٦,٣٨م وهذا الارتفاع هو المؤثر على ارتفاع الـ stem الذى يساوى = ٦,٥٠ - ٠,٦٠ = ٥,٩٠م .

(٢) باستخراج قاعدة مثلث ضغط التربة تبين أنه ٤,٤٨ وهذا الخط يميل بزاوية ١٥° علماً بأن القوى المؤثرة لاستنتاج العزوم فى القوى الأفقية وليست المائلة وعليه يجب ضرب قيمة هذا الخط فى جتا ١٥ = ٤,٤٨ × جتا ١٥° = ٤,٣٣ .

(٣) يقسم مثلث ضغط الأتربة إلى أربعة أقسام أفقية ورأسية وينتج عنه الرسم التالى .



(٤) نأخذ مساحة المثلث ونضرب فى $\frac{1}{3}$ الارتفاع ويكون الناتج العزم الذى سيؤثر على أى قسم من الأقسام الأربعة .

(٥) نأخذ مساحة كل مثلث وهى التى ستؤثر فى قوى القص .

وعليه يتم الحساب كالآتى :

bending moment

B.M at pt A $= \frac{4.33 \times 6.38}{2} \times \frac{6.38}{3}$ $= 29.37$ say 30 m.t

B.M at B $= \frac{3.248 \times 4.785}{2} \times \frac{4.785}{3}$ $= 12.39$ say 13 m.t

B.M at C $= \frac{2.165 \times 3.19}{2} \times \frac{3.19}{3}$ $= 3.67$ say 4 m.t

B.M at D $= \frac{1.08 \times 1.595}{2} \times \frac{1.595}{3}$ $= 0.457$ say 1 m.t

Shearing forces :

Q_s at pt A $= \frac{6.38 \times 4.33}{2}$ $= 13.81$ ton say 14 ton

Q_s at B $= \frac{3.248 \times 4.785}{2}$ $= 7.77$ ton say 8 ton

Q_s at C $= \frac{2.165 \times 3.19}{2}$ $= 6.905$ ton say 7 ton

Q_s at D $= \frac{1.08 \times 1.595}{2}$ $= 0.89$ ton say 1 ton

$As^{-} = .025 \times A_c$ $= \frac{25 \times 70 \times 100}{10000}$ $= 17.5\ cm^2$ say $6\phi19$

depth at point A $= d = K_1 \sqrt{\frac{m}{b}} = .361 \sqrt{\frac{3000000}{100}}$ $= 63$ cm say T 70 cm

$q_s = \frac{Q}{b \times .87 \times T} = \frac{14000}{100 \times .87 \times 70}$ $= 2.29\ kg / cm^2 < 5\ kg / cm^2$

$As = \frac{M}{k_2 \times .87 \times T} = \frac{3000000}{1237 \times .87 \times 70}$ $= 39.82\ cm^2$ take $11\phi22$

check of bond $= \frac{14000}{11 \times 2.2 \times 3.14 \times .87 \times 70}$ $= 3.5\ kg / cm^2 < 8$

depth at point B $= .361 \sqrt{\frac{1300000}{100}}$ $= 43$ cm say T 55 cm

$q_s = \frac{8000}{100 \times .87 \times 55}$ $= 2.67\ kg / cm^2 < 5$

As $= \frac{1300000}{1237 \times .87 \times 55}$ $= 22\ cm^2$ say $7\phi22$

check of bond $= \frac{8000}{7 \times 2.2 \times 3.14 \times .87 \times 55}$ $= 3.45\ kg / cm^2 < 8$

depth at point C $= .361 \sqrt{\frac{400000}{100}}$ $= 23$ cm say T 30 cm

$q_s = \frac{7000}{100 \times .87 \times 30} = 2.68 \text{ kg / cm} < 5$

$As = \frac{400000}{1237 \times .87 \times 30} = 13 \text{ cm}^2$ say 4φ22

check of bond $= \frac{7000}{4 \times 3.14 \times 2.2 \times .87 \times 30} = 9.706 \text{ kg / cm}^2 > 8$

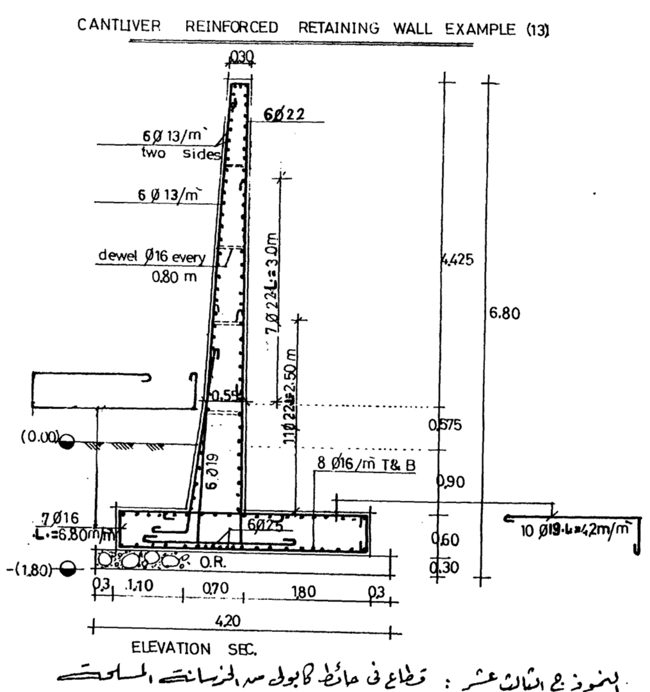
try to put 5φ22 $= \frac{7000}{5 \times 3.14 \times 2.2 \times .87 \times 30} = 7.76 \text{ kg / cm}^{-} < 8$

$As^{-} = 0.25 \% \ Ac = \frac{30 \times 100 \times 25}{10000} = 7.5 \text{ cm}^2$ take 6φ13

put distributor to stem 7φ13 in two sides .

put under stem 6φ25 to resist settelement .

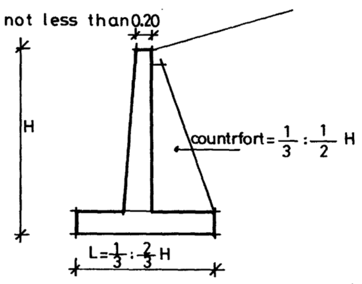
CANTLIVER REINFORCED RETAINING WALL EXAMPLE (13)



نموذج الثالث عشر : قطاع فى حائط كابولى من الخرسانة المسلحة

الحوائط الساندة ذات الدعامات الخلفية

سبق تعريف الحوائط ذات الدعامات الخلفية counter forts وهى عبارة عن بلاطة رأسية أو مائلة ترتبط بقاعدة عبارة عن بلاطة أفقية بواسطة دعامة خلفية ترتبط معها مليثياً كما فى الشكل التالى ويمكن تخفيف الضغوط الجانبية على ساق الحائط بعمل كمرات أفقية مثبتة على الدعامات .



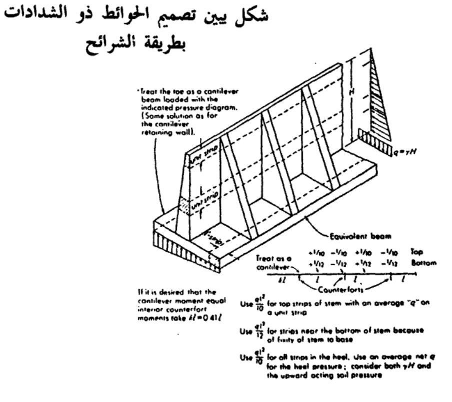
الأبعاد التقريبية لحائط ساند من الخرسانة المسلحة ذو دعامات

FIRST DIMENSION TO COUTRFORT WALL

تعتبر الحوائط الساندة ذات الدعامات (الشدادات) أبسط طرق تصنيمها هى :

(١) الحائط الرأسى stem : هذا الحائط عبارة عن شرائح مستمرة ومرتكزة على الدعامات وأن القوى المؤثرة فيه هو ضغط التربة المناظر لكل شريحة والتى يأخذ عرضها متر أو يقسط هذا الحائط إلى أربعة مسافات متساوية وتلك الشرائح تحسب لها العزم مثل حساب الكمرات وهى $+\frac{wl^2}{12}$ ، $+\frac{wl^2}{10}$ ولكن الشريحة السفلية تحسب على أنها $\frac{wL^2}{12}$ لأنها مثبتة من أعلا ومن أسفل .

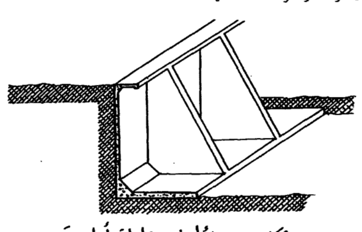
شكل يبين تصميم الحوائط ذو الشدادات بطريقة الشرائح



(٢) الكعب : heal : يتبع نفس الأسلوب ويقسم إلى شرائح مستمرة ولا تزيد عن متر وهى معرضة لوزن التربة فوقها بالإضافة إلى وزن البلاطة مطروحاً منه ضغط التلامس المناظر تحت كل شريحة .

(٣) القدم toe : فيصمم كما تم تصميمه فى الحائط الكابولى السابق شرحه وهى أن يأخذ العزم عند الحائط لوزن بلاطة القدم مطروحاً منها ضغط التلامس .

(٤) الدعامة counter fort : تصمم الدعامة لتحمل عزم انحناء كابولى ارتفاعه H وعادة ما يكون قطاع الشداد الخرسانى أكثر من كاف لمقاومة إجهادات العزم وقوى القص المؤثرة ويستحسن أن تعمل كمرات أفقية مثبتة على الدعامات ويحسب حديد التسليح اللازم للشد نتيجة العزم ويمد جيداً فى القاعدة السفلية (بلاطة الكعب بطول رباط بطول لا يقل عن ٥٠ϕ كما يجب توفير حديد شد رأسى فى أسفل الشداد لربط البلاطة السفلية (الكعب) بالشد أو يتحمل قوى الشد المباشر الناجم عن رد الفعل ، والرسومات التالية تبين شكل حائط ذو دعامة خلفية والآخر ذو دعامة أمامية .



شكل يبين حائط ذو دعامات خلفية

شكل يبين حائط ذو دعامات أمامية

النموذج الرابع عشر :

المطلوب تصميم حائط ساند ذو دعامات وذلك للفروض التى تمت بالمثال رقم (١٣) مع الأخذ فى الاعتبار جميع النتائج السابقة التى تصلح لحل المثال رقم ١٤ علماً بأن المسافة بين كل دعامة من المحور إلى المحور ٣,٥م .

Design of stem :

١ – سبق أن قسمنا ارتفاع الـ stem إلى أربعة أقسام فسنعتبر هذه الأقسام هى أربعة شرائح وبنفس الأبعاد السابقة ويحسب قيمة الضغط الجانبى من مساحة كل قسم وهو المؤثر على الحائط والرسم السابق فى النموذج الثالث عشر Earth pressure يبين المساحات المؤثرة فى الضغوط ومن المعروف أنها طريقة تقريبية وتتلخص فى التالى :

To get B.M to four strips :

B.M to three strips $= \dfrac{w \times L^2}{10}$ **& the strip near bottom** $= \dfrac{wL^2}{12}$

حيث : w = مساحة المثلث أو الشبه منحرف الناتج من المعادلة السابقة .

L = المسافة من المحور إلى المحور فى تقسيط الدعامات يساوى ٣,٥٠م .

B.M strip No (1)

$$= \frac{\dfrac{1.595 \times 1.08}{2} \times 3.5^2}{10} = 1.10 \text{ m.t}$$

B.M.S trip No (2)

$$= \frac{\dfrac{1.08 + 2.165}{2} \times 1.595 \times 3.5^2}{10} = 3.17 \text{ m.t}$$

B.M. strip No (3) $= \dfrac{\dfrac{2.165 + 3.248}{2} \times 1.595 \times 3.5^2}{10} = 5.28$ m.t

B.M - strip No (4) $= \dfrac{\dfrac{3.248 + 4.33}{2} \times 1.595 \times 3.5^2}{12} = 6.169$ m.t

Q_s max to strip (4) $= \dfrac{3.248 + 4.33}{2} \times 1.595 \times \dfrac{3.10}{2} = 9.366$ ton

d to resist shear $= \dfrac{9366}{5 \times .87 \times 100} = 21.35$ cm

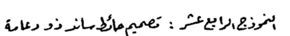
d to resist B.M $= K_1 \sqrt{\dfrac{m}{b}} = .361 \sqrt{\dfrac{616900}{100}} = 29$ take T 35 cm

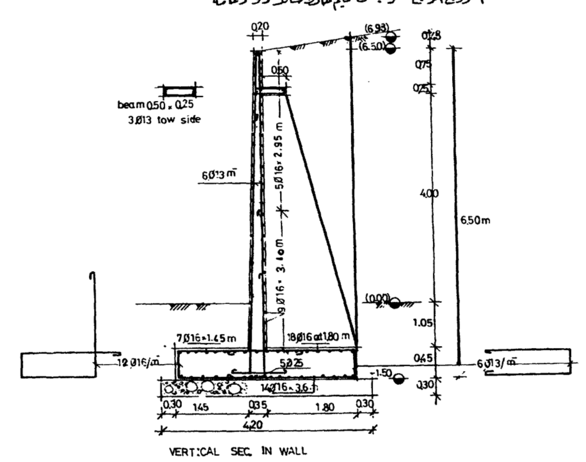
A_s to strip (4) $= \dfrac{M}{k_2 . d} = \dfrac{616900}{1237 \times .87 \times 35} = 16.37 \text{ cm}^2$ take $9\phi16$

As to strip (3) $= \dfrac{580000}{1237 \times .87 \times 32} = 16.84 \text{ cm}^2$ take $9\phi16$

As to strip (2) $= \dfrac{317000}{1237 \times .87 \times 29} = 10.15 \text{ cm}^2$ take $5\phi16$

$As^- = .25\%$ to Ac $= \dfrac{35 \times 100 \times 25}{10000} = 8.75 \text{ cm}^2$ take $7\phi13$





VERTICAL SEC. IN WALL

Design of heel :

from the resultant pressure we divide the heal to two stirups & take stirps No (5)

To get pressure to Q_s $= \dfrac{8.85 + 6.865}{2} \times \dfrac{3.10}{2} = 12.178 \text{ ton} / m^2$

to get pressure to B.M $= \dfrac{8.85 + 6.865}{2} = 7.857$ ton

Negative B.M $= \dfrac{7.857 \times 3.5^2}{10} = 9.62$ m.t

Postive B.M $= \dfrac{7.857 \times 3.5^2}{12} = 8.02$ m.t

$d = K_1 \sqrt{\dfrac{M}{b}} = .361 \sqrt{\dfrac{962000}{100}} = 36$ cm say T = 45 cm

d to shear $= \dfrac{12178}{100 \times 5 \times .87} = 28$ cm

As - Ve $= \dfrac{M}{k_2.d} = \dfrac{962000}{1237 \times .87 \times 45} = 19.86\ cm^2$ 10ϕ16 / $\bar{m}$ = 18ϕ16 at 1.8 m

As + $= \dfrac{802000}{1237 \times .87 \times 45} = 16.54\ cm^2$ 9ϕ16 / $\bar{m}$

$As^- = 0.15\%$ Ac $= \dfrac{3.60 \times 45 \times 15}{10000} = 24.6\ cm^2$ say 14ϕ16 at 1.8 m

Design of toe :

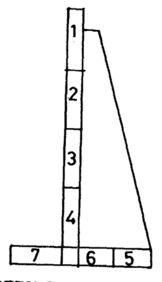
This toe make as cantilever and take B.M from resultant pressure .

B.M $= 9.5 \times 1.45 \times \dfrac{1.45}{2} + \dfrac{2.77 \times 1.45}{2} \times \dfrac{1.45}{3} = 10.95$ m.t

As $= \dfrac{M}{k_2.d} = \dfrac{1095000}{1237 \times .87 \times 45} = 22\ cm^2 = 12\phi16$

ملحوظة : كان المفروض إعادة حساب محصلة نهائى الضغط حيث إنه حسب سابقاً على أساس أن عرض الكعب ١,٢٠م وهو الآن ١,٤٥م فلا يوجد فرقاً كبيراً علماً بأنه قد استعمل ذراع العزم ١,٤٥ بدلاً من ١,٢٠ .

Design of counterfrot :



STRIPS IN COUNTERFORT

B.M to counterfort = B.M at stem Junction for cantilever (30 m.t) x L

& (spacing between two counterfort = 3.5 m

= 30 x 3.5 = 105 m.t

$d = K_1 \sqrt{\frac{M}{b}} = .361 \sqrt{\frac{10500000}{205}} = 82$ cm

Actual depth = 205 & let b = 30 cm

$As = \frac{M}{k_2 . d} = \frac{10500000}{1237 \times .87 \times 195} = 50$ cm^2 take 14ϕ22

الحديد الذى يقاوم الفصل بين الدعامة والسلاح :

force on strip No (4) $= \frac{4.33 + 3.248}{2} \times 1.595 = 6.04$ ton / m^2

As $= \frac{6.04 \times 3.20}{1.4} = 13.8$ cm^2 take 5ϕ13 vertical two sides

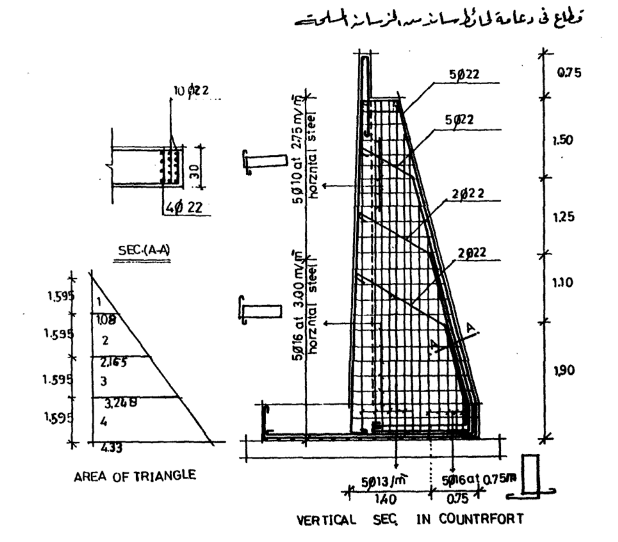
الحديد الذى يقاوم الفصل بين الرجل والدعامة :

from design of heal take force = 7.857 ton / m^2

As $= \frac{7.857 \times 3.20}{1.4} = 17.95$ cm^2 take 5ϕ16 vertical two sides

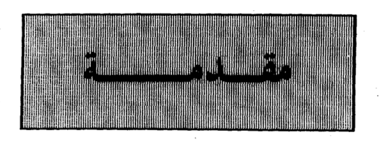
النموذج الرابع عشر

قطاع فى دعامة لحائط ساند من الخرسانة المسلحة



الجـزء الرابـع

تصدع المباني وعلاجها



فى الآونة الأخيرة وبالذات منذ ١٩٦٦ بدأت بشكل ملحوظ انهيارات المبانى تتزايد فى جمهورية مصر العربية بنسبة كبيرة ، وكان من الواجب على المتخصصين فى مثل هذه الأعمال أن يجدوا حلولاً لهذه المشاكل ، ومن أهم أسباب هذه المشاكل عدم وجود الوعى الكافى لدى جمهور المهندسين الذين يعملون بهذا الحقل ، وقد زاد الطين بلة بعد زلزال ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢ فظهر تهدم فى مبانى جديدة بسبب الإهمال فى التصميم أو التنفيذ أو الاثنين معاً ، فكان لزاماً على المتخصيصن التنقيب عن الأسباب بالسؤال والفحص ثم التشخيص السليم بالتحليل والدراسة لوصف العلاج الحاسم بالجراحة أو بالدواء مع الحرص على الوقاية لمنع المرض من الحدوث أصلاً لأن الوقاية خير من العلاج ، ولهذا حاولت محاولة متواضعة بكتابة هذا الجزء ليفىَ بالغرض مقسماً إلى ثمانية أبواب :

الباب الأول : هو مثلث ذو ثلاثة أضلاع ويشمل على ثلاثة فصول :

الفصل الأول : مواصفات دقيقة للمواد المستخدمة فى الخرسانة .

الفصل الثانى : تصميم الأساسات ودراسة المياه الجوفية وحماية الأساسات من أملاح التربة – أحمال الزلزال – التفاصيل الإنشائية وإعداد الرسومات .

الفصل الثالث : التنفيذ من بدء الترتيبات الخاصة بالقوالب والشدات حتى آخر عملية التنفيذ .

الباب الثانى : الشروخ فى المبانى ويشمل على ثلاثة فصول :

الفصل الأول : الملخص المنهجى الذى يجب اتباعه فى ملاحظة تصدع المبانى وتحديد الإصلاحات المطلوبة .

الفصل الثانى : تصدع المنشآت خلال العشر سنوات بجمهورية مصر العربية وأسبابها .

الفصل الثالث : أنواع الشروخ فى المبانى الجاهزة وأنواع الشروخ فى المبانى العادية وتنحصر فى ٢٤ نوعاً من الشروخ ودراسة أسبابها وعلاجها بالإضافة إلى عيوب فى الخرسانة ذات أسباب متعددة .

الباب الثالث : ويشمل على اختبارات الخرسانة وينقسم إلى أربعة فصول :

الفصل الأول : الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ وأسس الاختبارات .

الفصل الثانى : زيارة الموقع وفحص المبنى من الخارج ومن الداخل .

الفصل الثالث : اختبارات الخرسانة غير المتلفة ويشمل على خمسة عشر نوعاً من الاختبارات .

الفصل الرابع : اختبارات الخرسانة المتلفة ويشمل على اختبار القلب الخرسانى – تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية .

الباب الرابع : ويشمل على مواد الإضافة وخرسانة الترميم ومواد اللصق ومكون من خمسة فصول :

الفصل الأول : مواد الإضافة الخاضعة للمواصفات الأمريكية A. S. T. M بجميع حروفها .

الفصل الثانى : أعمال الترميمات ومكون من سبعة أنواع من الخرسانات الخاصة بالترميم .

الفصل الثالث : البوليمرات واللدائن الإيبوكسية مع شرح وافى لطريقة استعمال اللدائن ومواصفاتها وجميع الاختبارات الخاصة بمواد اللصق .

الفصل الرابع : استعمال المواد الأيدروكربونية فى مقاومة تآكل خرسانة الأسمنت والحديد الصلب .

الفصل الخامس : عزل المنشآت عند تأثير الماء بجميع أنواعه وشروطه .

الباب الخامس : الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الإنشائية والغير إنشائية ويشمل على فصلين :

الفصل الأول : الإصلاحات الغير إنشائية التى لا تؤدى إلى زيادة قدرة العضو الخرسانى وإصلاح هذه الشروخ .

الفصل الثانى : الشروخ الإنشائية وطريقة تنفيذ الأعمال المساعدة لنجاح وترميم الشروخ .

الباب السادس : طريقة ترميم وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة وينقسم إلى أربعة فصول :

الفصل الأول : تدعيم جميع أنواع البلاطات وتنحصر فى سبعة بنود .

الفصل الثانى : تدعيم الكمرات وتنحصر فى عشرة بنود لجميع أنواع التدعيم .

الفصل الثالث : تدعيم وتقوية الأعمدة وتنحصر فى خمسة بنود ومثال يشمل تدعيم للبلاطة والكمرات والأعمدة فى مبنى واحد ومثالين آخرين .

الفصل الرابع : تدعيم الأساسات ويشمل على الأسباب الجيوتكنيكية لتصدع المنشآت وتدعيم جميع أنواع الشروخ وتقوية وعلاج الأساسات السطحية والعميقة مع أمثلة لعلاج مبانى كاملة للأساسات والأعمدة والكمرات والبلاطات وعدة أمثلة أخرى .

الباب السابع : آثار الرطوبة – الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة – تخفيض مياه الرشح ويشمل على ثلاثة فصول :

الفصل الأول : آثار الرطوبة فى إحداث تصدعات المبانى وطرق التعامل معها وعلاج كل نوع .

الفصل الثانى : الطبقات العازلة للرطوبة ومواد إشراب الأسطح وجميع أنواع الدهانات .

الفصل الثالث : تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات ويشمل على أربعة أمثلة لمبانى مختلفة .

الباب الثامن : أعمال المبانى : معايير المعاينة والزلزال والأحمال ويشمل على خمسة فصول :

الفصل الأول : طريقة البناء ومكونة من ٣٠ بنداً لجميع الاحتياطات اللازمة .

الفصل الثانى : إنشاء الدبش وشروطه ورسومات تنفيذية لطريقة البناء الصحيح وأسباب انهيار المبانى بالطوب أو الحجر .

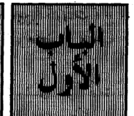
الفصل الثالث : معايير المعاينة والطريقة المثلى لعمل المعاينة لموقع واسع به عدد كثير من المبانى .

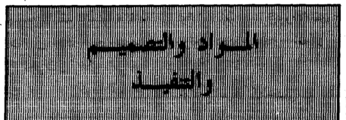
الفصل الرابع : الزلزال وطريقة التصميم – العناصر التى يجب اتخاذها لحماية المبانى بالطوب من الزلزال .

الفصل الخامس : الأحمال ويشمل جميع أنواع الأحمال المؤثرة على المبانى وتأثير قوة ضغط الرياح .

وأخيراً نطلب من الله التوفيق .

المؤلف





مقدمة :

ليس من الغريب حقاً أن يفاجأ المجتمع ، أى مجتمع ، بانهيار مبنى أو مجموعة مبانى أو حتى بأكمله نتيجة زلزال عنيف أو هزة أرضية مدمرة أو هبوط عاصفة هوجاء يعقبها أمطار غزيرة مستمرة على شكل سيول كما يحدث أحياناً فى أنحاء متفرقة من العالم وليس بغريب أيضاً أن ينهار مبنى أو مجموعة من المبانى حديثة أو قديمة نتيجة لهبوط التربة وانفجار ماسورة مياه أو مجارى ضخمة ، وليس بغريب أن ينهار مبنى لحدوث تغييرات وتعديلات مستمرة بداخله أو بخارجه أو تحويله لأداء غرض أو وظيفة أخرى غير التى أنشىء من أجله المبنى أو إضافة أحمال على أسقفه لم تؤخذ فى الاعتبار عند وضع التصميم قبل البناء .

ولكن الغريب فعلاً أن ينهار مبنى فجأة حديث البناء من المفروض أن يكون تم بناؤه طبقاً لأسس التصميم وشروط التنفيذ والمواصفات الفنية ومواد البناء وطرق الإنشاء ، ومن المفروض أنه صدر به ترخيص من جهة حكومية مسئولة وهى الجهة المشرفة على تصميم المبانى الخاص بتوجيه وهدم أعمال البناء وكذلك القرار الوزارى لوزارة الإسكان والتعمير رقم ٢٣٧ لسنة ١٩٧٧م باللائحة التنفيذية ثم القانون ١٣٦ لسنة ١٩٨١م ثم القانون ٢٥ لسنة ١٩٩٢م .

حيث تنص كل هذه القوانين على أنه لا بد من مراجعة رسومات المشروع فنياً ومعمارياً وإنشائياً قبل استلام الترخيص بالبناء وتحديد كمية مواد البناء الأساسية المطلوبة مثل الحديد والأسمنت والخشب .

كيف يحدث انهيار لمبنى فجأة ويتحول إلى كمية من التراب والأنقاض فى ثوان وقد اشترك فى إنشائه وتحمل مسئوليته أطراف بموجب عقود مكتوبة أو غير مكتوبة وهى : المالك أو ما يسمى برب العمل وهو صاحب الأرض والمال والبرنامج ، ثم المهندس المصمم للمشروع والمكلف بتحضير الرسومات والمستندات اللازمة للتنفيذ بموجبها وهو المسئول الأول والمتضامن فى المسئولية معه المالك ، والمقاول الذى يتولى أعمال البناء : وهذا المقاول هو الطرف الثالث الذى يقع عليه عبء المسئولية ، ثم هناك طرف رابع لا يقل أهمية عن الأطراف الأخرى فى المسئولية هو المهندس المشرف على التنفيذ مندوباً عن المالك وقد لا يكون هو المهندس المصمم للمشروع .

كيف تحدث هذه الانهيارات المتتالية لمبان حديثة البناء فى دولة علمت العالم أجمع كيف تكون الحضارة وكيف تكون العمارة عبر تاريخ طويل ؟ كيف يحدث هذا فى بلد أرست قواعد مزاولة مهنة الهندسة المعمارية والإنشائية والتخطيط العمرانى ؟.

ظاهرة خطيرة لمرض خطير بدأ يستشرى فى جسم المدينة ليس فى مدينة القاهرة الكبرى وحدها والتى فى طريقها أن تصبح طامة كبرى ، لـم يخطىء مارتن لوثر حينما وصف العمارة بقوله : إنها سجل لعقائد المجتمع ولم يخطىء فيكتور هيجو حينما وصفها بقوله : إنها هى المرآة التى تنعكس عليها ثقافة الشعوب ونهضة تطوره أو برنارد شو حينما قال بأنها هى الصفحة التى تقرأ عليها الشعب ومعنى ذلك كله أن العمارة تعكس صورة المجتمع بجميع مراحله ، وأخيراً تنحصر المشاكل الناتج عنها هذا الانهيار فى :

مثلث مقفل ذو ثلاثة أضلاع ويتلخص فى الآتى :

أولاً : المواد ومدى مطابقتها للمواصفات وهى مسئولية المهندس المنفذ .

ثانياً : التصميم ، وينقسم إلى :

أ) دراسة الأساسات وهى مسئولية مهندس ميكانيكا التربة .

ب) دراسة الهيكل الخرسانى هى مسئولية المهندس الإنشائى.

ثالثاً : التنفيذ ، وينقسم إلى :

أ) مراعاة التنفيذ حسب ما جاء بالرسومات التنفيذية .

ب) مطابقة المواصفات فى الخلطات ومواعيد فك الشدات وخلافه .

جـ) مراعاة جودة المواد العازلة للرطوبة فى الأساسات . ودورات المياه وكذا جودة الطبقات العازلة للحرارة .

د) مراعاة عمل الفواصل اللازمة لتفادى الهبوط الغير منتظم سواء أكان فى الأساسات أو فى الأسقف .

هـ) جودة الشدات الخشبية .

علماً بأن البند ثالثاً مسئولية المهندس المنفذ مسئولية تامة حيث عليه أن يراجع جميع الرسومات وفى حالة عدم التصميم بالأمان الكافى للأساسات والهيكل الخرسانى عليه مراجعة المهندس المصمم للمنشأ ككل ولذلك يجب أن يكون المهندس المنفذ على درجة من الخبرة الممتازة وإلمامه بجميع بنود التنفيذ بجميع أحواله .

و) عدم التفريط قيد أنملة إلى المقاول سواء أكان فى المصنعيات أو فى المواد ولذلك يجب انتقاء المقاول المعروف بطهارة يده وضميره وهذا مهم جداً للمهندس المنفذ .

وسنشرح كل بند على حدة :

الفصل الأول

المواد المستعملة فى الخرسانة :

أولاً : الأسمنت : المستعمل فى التنفيذ يكون من النوع البورتلاندى العادى أو الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد ، حديث الصنع والمطابق للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٣٧٣ / ١٩٨٤ « الأسمنت البورتلاندى العادى وسريع التصلد » أو من الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريت إذا احتاج الأمر إلى استعماله فى بعض الأعمال على أن يكون مطابقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٥٨٣ / ١٩٨٦ « الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات » أو الأسمنت البورتلاندى الحديدى المطابق للمواصفات القياسية المصرية ٩٧٤ / ١٩٦٩ .

وتتبع طرق الاختبارات المذكورة فى المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من أنواع الأسمنت ، وطرق الاختبارات الكيمائية حسب المبين بالمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٧٤ / ١٩٦٣ « طرق الاختبارات الكيمائية للأسمنت البورتلاندى » .

ثانياً : الركام : يكون ركام الخرسانة — الزلط والرمل — من حبيبات صلدة قوية الاحتمال ونظيفة خالية من المخلفات المتصلدة ، وتكون المقاسات المختلفة للحبيبات موزعة توزيعاً منتظماً فى الركام المستعمل ولا تحتوى حبيبات الركام على مواد ضارة لمكونات الخرسانات مثل الأملاح وبيريت الحديد أو الفحم أو الميكا أو الطين أو ما يشابهها من المواد ذات الرقائق الطينية أو الحبيبات الرقيقة أو الشوائب العضوية ويخضع إلى م : ق : م ١١٠٩ سنة ١٩٧١ ركام الخرسانة من المصادر الطبيعية وتعديلاتها .

يكون الركام من الأنواع المستخرجة من محاجر الصحراء المعتمدة، ويكون متدرجاً حسب المبين بالجدول التالى (أ) للركام الكبير: الزلط، والجدول التالى (ب) للركام الرفيع : الرمل، الذى يعطى الخرسانة الخواص المطلوبة ويسهل تشغيلها فى مواضعها وبدون انفصال .

جدول (أ) يبين النسب المئوية لمقاسات الركام الكبير « الزلط »

منخل الفحص حسب المواصفات القياسية المصرية *		النسبة المئوية بالوزن لما يمر من المناخل القياسية المصرية — الحجم الاعتبارى للحصى المتدرج .		
رقم المنخل	الغرض الاسمى للفتحة ـ,م	٤٠ — ٥م	٢٠ — ٥م	١٥ — ٥م
٣	٧٦,١	١٠٠٪	—	—
٤	٦٤,٠	—	—	—
٧	٣٨,١	٩٥ — ١٠٠٪	١٠٠٪	—
١١	١٩,٠	٤٠ — ٧٠٪	٩٥ — ١٠٠٪	١٠٠٪
١٤	١١,٢	—	—	٩٠ — ١٠٠٪
١٥	٩,٥	١٠ — ٣٠٪	٢٥ — ٥٥٪	٤٠ — ٨٠٪
١٩	٤,٧٦	٠ — ٥٪	٠ — ١٠٪	٠ — ١٠٪

(*) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٣٦ — ١٩٦٣ مناخل الاختبار

جدول (ب) يبين النسب المئوية لمقاسات الركام الرفيع – الرمل

منخل الفحص حسب المواصفات القياسية المصرية		النسبة المئوية بالوزن لما يمر من المناخل القياسية المصرية – الحجم الاعتباري للفحص المتدرج			
رقم المنخل	العرض الاسمى للفتحة مم	المنطقة الأولى	المنطقة الثانية	المنطقة الثالثة	المنطقة الرابعة
١٥	٩,٥٠	١٠٠٪	١٠٠٪	١٠٠٪	١٠٠٪
١٩	٤,٧٦	٩٠ – ١٠٠	٩٠ – ١٠٠	٩٠ – ١٠٠	٩٥ – ١٠٠
٢٣	٢,٣٨	٦٠ – ٩٥	٧٥ – ١٠٠	٨٠ – ١٠٠	٩٥ – ١٠٠
٢٦	١,٤١	٣٠ – ٧٠	٥٥ – ٧٠	٧٥ – ١٠٠	٩٠ – ١٠٠
٣١	٠,٥٩٥	١٥ – ٣٥	٣٥ – ٦٠	٦٠ – ٨٠	٨٠ – ١٠٠
٣٥	٠,٢٩٧	٥ – ٢٠	١٠ – ٣٠	١٠ – ٤٠	١٥ – ٥٠
٣٩	٠,١٤٩	٠ – ١٠٪	٠ – ١٠٪	٠ – ١٠٪	٠ – ١٥٪

(*) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية رقم م ق م ٤٣٦ – ١٩٦٣ مناخل الإختبار .

– يقاس الركام بالحجم في صناديق قياس ذات أحجام مضبوطة ، ويراعى ملء الصناديق بدون دمك ، على أن يكون أعلى وأسفل سطح الركام داخل الصندوق مستوياً على الأحرف ، ويراعى عمل حساب زيادة الحجم فى الركام الرفيع « الرمل » نتيجة لوجود الرطوبة به .

ثالثاً : الإضافات : الإضافات هى مواد تضاف للخلطات الخرسانية بكميات صغيرة جداً (باستثناء المواد الملونة) وذلك لتحسين خواص معينة للخرسانة أو إكسابها خواص جديدة وذلك نتيجة تأثير كيميائى أو طبيعى . ولا تؤثر هذه الإضافات بأى قيمة ملحوظة على الحجم الكلى للخرسانة باستثناء إضافات الهواء المحبوس .

تعتبر الإضافات الأكثر شيوعاً فى مصر بصفة عامة هى :

إضافات معجلة للتصلب ، إضافات مؤخرة للتصلب ، إضافات مخفضة للماء ، إضافات مخفضة للماء ومعجلة للتصلب ، إضافات مخفضة للماء ومؤخرة للتصلب ، إضافات عالية تخفيض الماء ، إضافات مخفضة للماء ومؤخرة للتصلب .

يراعى عند استخدام الإضافات الاشتراطات التالية :

١) يجب ان تفى الإضافات باشتراطات المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من الأنواع سالفة الذكر ، أما الإضافات التى ليس لها مواصفات قياسية فتستخدم على أساس المعلومات السابقة والخبرة أو نتائج التجارب .

٢) يجب ألا تؤثر الإضافات تأثيراً ضاراً على الخرسانة أو صلب التسليح .

٣) يجب ألا يتعدى محتوى الكلوريد الأيونى بالإضافات عن ٢٪ بالوزن من الإضافات أو ٠٣, ٠٪ بالوزن من الأسمنت فى حالة الخرسانة المسلحة أو سابقة الإجهاد أو التى بها معادن مدفونة أو المصنعة من الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات أو الأسمنت عالى المقاومة للكبريتات .

٤) يجب التأكد من مدى ملائمة وفاعلية أى من الإضافات بواسطة خلطات تجريبية من الأسمنتات والركام والمواد الأخرى التى تستخدم فى الأعمال الخرسانية .

٥) إذا استخدم نوعان أو أكثر من الإضافات على التتابع فى نفس الخلطة الخرسانية فيلزم أن تتواجد معلومات كافية لبيان مدى تداخلها وللتأكد من توافقها .

٦) يلاحظ أن سلوك الإضافات مع الأسمنتات بأنواعها يختلف عنه فى حالة الأسمنت البورتلاندى ولذلك عند استخدام الإضافات مع هذه الأسمنتات يجب أن تتواجد معلومات كافية عن مدى الأدائية السليمة عند خلط هذه المواد مع بعضها قبل استخدامها فى الأعمال الخرسانية .

٧) يجب عدم إضافة كلوريد الكالسيوم أو الإضافات التى أساسها من الكلوريدات بتاتاً إلى الخرسانة المسلحة أو الخرسانة السابقة الإجهاد أو الخرسانة التى بها معادن مدفونة .

٨) يلزم لقبول أى دفعة من الإضافة أن يكون لها نفس التكوين للإضافة المختبرة والمقبولة وذلك بإجراء اختبارات التجانس التى تنص عليها المواصفات القياسية المصرية والتى تفى بالمتطلبات المعطاة بنفس المواصفات .

٩) يجب أن تفى الإضافات بالمتطلبات الأدائية للخرسانة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة وذلك للاختبارات التى تنص عليها

المواصفات القياسية المصرية لكل نوع من أنواع الإضافات مع استيفائها بالمتطلبات المعطاة بنفس المواصفات .

١٠) يجب ألا يزيد محتوى الهواء للخلطة الخرسانية ذات الإضافات السابقة الذكر على ٢٪ من محتوى الهواء فى الخلطة الخرسانية المثيلة بدون إضافات (خلطة التحكم) وحيث لا يزيد محتوى الهواء الكلى لأى حالة من الإضافات عن ٣٪ .

رابعاً : ماء الخلط : أو المعالجة :

١) يكون الماء المستعمل فى خلط الخرسانة نظيفاً وخالياً من المواد الضارة مثل الزيوت والأحماض والقلويات والأملاح والمواد العضوية وأى مواد قد تؤثر تأثيراً متلفاً على مكونات الخرسانة أو صلب التسليح .

٢) يعتبر الماء الصالح للشرب - باستثناء الاشتراطات البكتريولوجية - مناسباً فى جميع الأحوال لخلط الخرسانة وفى حالة عدم توافره يمكن استعمال ماء من مصادر أخرى لخلط الخرسانة بشرط استيفاء الشروط الواردة سابقاً بالإضافة إلى ما يلى :

أ) ألا يزيد زمن الشك الابتدائى لعينات الأسمنت المجهزة بهذا الماء بأكثر من ٣٠ دقيقة على زمن الشك الابتدائى لعينات بنفس الأسمنت جهزت بالماء الصالح للشرب وعلى ألا يقل زمن الشك الابتدائى بأى حال عن ٤٥ دقيقة .

ب) لا تقل مقاومة الضغط بعد ٢٨،٧ يوماً للمكعبات التى استعمل فى خلطها هذا الماء عن ٩٠٪ من مقاومة الضغط لعينات مماثلة جهزت بماء خلط صالح للشرب .

جـ) يجب عند تصميم الخلطة الخرسانية استخدام نفس نوع الماء الذى سيستخدم فى الخلط عند تنفيذ المنشأ .

٣) يشترط فى ماء الخلط للخرسانة ألا يزيد محتوى الأملاح على القيم الموضحة فى البند سادساً .

٤) لا يقل - بصفة عامة - الأس الهيدروجينى (PH) لماء الخلط عن (٧) وفى حالة عدم إجراء هذا الاختبار لمصدر الماء فى أعمال سابقة يجب إجراء تحليل للماء لمعرفة هذا الرقم .

٥) لا يسمح على الإطلاق باستخدام ماء البحر فى خلط الخرسانة المسلحة .

٦) يجوز استعمال ماء البحر عند الضرورة فى خلط الخرسانة العادية بدون تسليح على أن يزاد محتوى الأسمنت فى الخلطة للوصول إلى المقاومة المطلوبة للخرسانة العادية بشرط توفر الخبرة السابقة فى استعماله بنجاح .

٧) يعتبر الماء الصالح فى خلط الخرسانة المسلحة صالحاً للاستعمال فى معالجة هذه الخرسانة بعد تصلدها .

٨) يجب ألا يحدث الماء المستخدم فى المعالجة بقعاً أو ترسيبات غير مقبولة على سطح الخرسانة .

خامساً : صلب التسليح للخرسانة :

أ) أنواع صلب التسليح :

١) تستخدم فى تسليح الخرسانة أسياخ الصلب التى تفى بالمواصفات القياسية المصرية م ق م ٢٦٢/ ١٩٧٤ ، وتعديلاتها وفى حالة استعمال الشبك الملحوم تطبق المواصفات القياسية م ق م ١٦١٨/ ١٩٨٦م .

٢) أنواع أسياخ التسليح الغالب استخدامها فى الخرسانة هى :

أ) صلب طرى عادى رتبة ٢٤/ ٣٥ أو ٢٨/ ٤٥ ... ويرمز له (ϕ) .

ب) صلب عالى المقاومة وينقسم إلى النوعين التاليين :

- صلب رتبة ٥٢/٣٦ .... ويرمز له (Φ) .
- صلب رتبة ٦٠/٤٠ .... ويرمز له (Φ) .

أشكال لحديد تسليح ٥٢

٣) صلب شبك من أسياخ الصلب الملحومة الملساء أو ذات النتوءات أو العضات وهو صلب طرى رتبة ٢٤/ ٣٥ أو ٢٨/ ٤٥ صار سحبه على البارد ليصبح برتبة ٤٥/ ٥٢ ويرمز له (#) .

سادساً : الخواص الميكانيكية لصلب التسليح :

ما لم تذكر اعتبارات وحالات خاصة تحدد الخواص الميكانيكية لصلب التسليح لأغراض التصميم فتعرف الخواص الميكانيكية بالخواص الآتية :

١) إجهاد الخضوع : هو الإجهاد عند مرحلة الخضوع فى أنواع الصلب العادى وعالى المقاومة التى تظهر فيها خاصية الخضوع ، أما فى أنواع الصلب عالى المقاومة التى لا تظهر فيها خاصية الخضوع فيؤخذ إجهاد الخضوع - افتراضياً - مساوياً لإجهاد ضمان وهو الإجهاد الذى يترك انفعالاً متبقياً مقداره ٠,٢ ٪ .

٢) مقاومة الشد .
٣) النسبة المئوية للاستطالة عند الكسر .
ومدد هذه الخواص طبقاً للمواصفات القياسية المصرية م ق م ٢٦٢ / ١٩٧٤، وتعديلاتها والمواصفات القياسية المصرية م ق م ٧٦ / ١٩٦١، وتعديلاتها .

ويجب أن تكون الحدود الدنيا للخواص الميكانيكية لصلب التسليح مكفولة من البائع والمنتج بحيث لا تقل القيم الواردة عن الجدول المبين بعد كما يجب التأكد منها باختبارات فى معمل معترف به .

جدول يبين الخواص الميكانيكية لأنواع الصلب (الحد الأدنى)

نوع الصلب	الرتبة	حالة سطح الأسياخ	إجهاد الخضوع أو ٠,٢٪ إجهاد ضمان كجم / مم٢ (حد أدنى)	مقاومة الشد القصوى كجم / مم٢ (حد أدنى)	النسبة المئوية للاستطالة (حد أدنى)
صلب طرى عادى	٢٤ / ٣٥	أملس	٢٤	٣٥	٢٠
	٣٨ / ٤٥		٢٨	٤٥	١٨
صلب عالى المقاومة	٣٦ / ٥٢	ذو نتوءات	٣٦	٥٢	١٢
	٤٠ / ٦٠	ذو نتوءات	٤٠	٦٠	١٠
صلب شبك ملحوم مسحوب على البارد	٤٥ / ٥٢	أملس أو ذو نتوءات أو ذو العضات	٤٥	٥٢	١٠

تحديد مكونات الخرسانة :

يجب أن تتضمن متطلبات الخرسانة فى حالتيها الطازجة والمتصلدة ما يؤمن تحقيق كل من المقاومة والتحميل مع الزمن للمبنى وعناصره وتتلخص فى الآتى :

أولاً : رتبة الخرسانة F_{cu} :

رتبة الخرسانة هى مقاومة الضغط المميزة للخرسانة .

وتعرف بأنها قيمة إجهاد كسر المكعب الخرسانى القياسى الذى من غير المحتمل أن يقل عنه أكثر من ٥٪ من عدد نتائج اختبارات تحديد المقاومة أثناء التنفيذ ، ويوضح الجدول التالى رتب الخرسانة (بالنسبة للمكعب القياسى ١٥ × ١٥ × ١٥ سم) عند عمر ٢٨ يوماً وهى المقاومة التى يجرى على أساسها المهندس الإنشائى حساباته .

جدول يبين رتب الخرسانة (مقاومة الضغط المميزة F_{cu} كجم / سم٢)

رتب الخرسانة	١٠٠	١٥٠	١٧٥	٢٠٠	٢٢٥	٢٥٠	٢٧٥	٣٠٠	٣٢٥
رتب الخرسانة	٣٥٠	٤٠٠	٤٥٠						

وفى حالة تحديد مقاومة الضغط باستعمال عينات بمقاسات غير الواردة فى المواصفات المصرية القياسية م . ق . م ١٦٥٨ / ١٩٨٨ فإنه يلزم تحديد مقاومة الضغط بضرب نتائج الاختبارات فى معاملات التصحيح الواردة بالجدول التالى .

جدول يبين معامل تصحيح مقاومة الضغط للأشكال المختلفة لقوالب اختبار الخرسانة

شكل القالب	أبعاد قالب الاختبار سم	معامل التصحيح
مكعب	١٠ × ١٠ × ١٠	٠,٩٧
مكعب	١٥ × ١٥ × ١٥ (أو ١٥,٨ × ١٥,٨ × ١٥,٨)	١,٠٠
مكعب	٢٠ × ٢٠ × ٢٠	١,٠٥
مكعب	٣٠ × ٣٠ × ٣٠	١,١٢
أسطوانة	١٠ × ٢٠	١,٢٠
أسطوانة	١٥ × ٣٠	١,٢٥
أسطوانة	٢٥ × ٥٠	١,٣٠
منشور	١٥ × ١٥ × ٣٠ أو (١٥,٨ × ١٥,٨ × ٣١,٦)	١,٢٥
منشور	١٥ × ١٥ × ٤٥ أو (١٥,٨ × ١٥,٨ × ٤٧,٤)	١,٣٠
منشور	١٥ × ١٥ × ٦٠	١,٣٢

وفى حالة اختبار مقاومة ضغط الخرسانة بأسمنت بورتلاندى عادى أو سريع التصلد (بدون أية إضافات) عند عمر غير ٢٨ يوماً فإنه يمكن تحديد المقاومة عند عمر ٢٨ يوماً بضرب نتائج الاختبارات فى معاملات التصحيح الموضحة بالجدول التالى :

جدول يبين معامل التصحيح لنتائج اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة ذات عمر يختلف عن ٢٨ يوماً

عمر الخرسانة – يوم / نوع الأسمنت	٣	٧	٢٨	٩٠	٣٦٠
أسمنت بورتلاندى عادى	٢,٥	١,٥	١,٠٠	٠,٨٥	٠,٧٥
أسمنت بورتلاندى سريع التصلد	١,٨	١,٢	١,٠٠	٠,٩٠	٠,٨٥

ثانياً : متوسط المقاومة المستهدف (Target mean strenth (F_m

تصمم خلطة الخرسانة بتحديد محتويات مكوناتها بحيث يكون متوسط المقاومة المستهدف مساوياً لمجموع رتبة الخرسانة مضافاً إليها هامش أمان يكفل الحصول على المقاومة المميزة المطلوبة $F_m = F_{cu} + M$ حيث تحدد قيمة (M) طبقاً للبند التالى ثالثاً .

ثالثاً : هامش أمان تصميم الخلطة (Safety margin of mix design (M

فى حالة توفر بيانات إحصائية من نتائج اختبارات المقاومة على خلطات استعملت فيها نفس المواد المزمع استعمالها وأنتجت الخرسانة تحت نفس الظروف يحسب هامش تصميم الأمان للخلطة طبقاً للحالة (١) أو (٢) من الجدول التالى وفى حالة عدم توفر بيانات إحصائية فى فترة لا تزيد عن ستة شهور يحسب هامش أمان تصميم الخلطة طبقاً للحالة (٢) من نفس الجدول .

جدول يبين هامش أمان تصميم خلطات الخرسانة

البيانات الإحصائية المتوفرة عن نتائج اختبار المقاومة	هامش أمان تصميم خلطة الخرسانة (M) عندما تكون المقاومة المميزة F_{cu}	
	$F_{cu} \leqslant$ ٢٠٠ كجم / سم^2	$F_{cu} >$ ٢٠٠ كجم / سم^2
١) توفر أكثر من ١٠٠ نتيجة فى فترة لا تزيد عن ١٢ شهراً بمواد وظروف مماثلة .	(١,٦٤ × الانحراف المعيارى) ولا يقل عن ٠,٢ المقاومة المميزة .	(١,٦٤ × الانحراف المعيارى) ولا يقل عن ٥٠ كجم / سم^2 .
٢) توفر من ٥٠ – ١٠٠ نتيجة فى ٦ شهور بمواد وظروف مماثلة . ٣) عدم توفر بيانات إحصائية عن ٥٠ خلطة خلال فترة لا تزيد عن ٦ شهور	(١,٦٤ × الانحراف المعيارى) ولا يقل عن ٠,٤ المقاومة المميزة . ٠,٦٠ من المقاومة المميزة .	(١,٦٤ × الانحراف المعيارى) ولا يقل عن ١٠٠ كجم / سم^2 . ١٢٠ كجم / سم^2 .

رابعاً : أختيار نسب مكونات الخلطة :

١) اعتبارات رئيسية: للقائم بتحديد نسب مكونات الخلطة سواء كان ذلك بالمعمل أو بالموقع أو فى مصنع خرسانة جاهزة أن يختار الأسلوب الذى يراه مناسباً على أن يأخذ فى اعتباره ثلاثة عوامل رئيسية :

- متطلبات الخلطة .
- ظروف وأماكن ومستوى التنفيذ واستخدامات المبنى .
- ظروف وأماكن إنتاج الخلطة .

٢) خلطات استرشادية / أو تجريبية :

عند الضرورة القصوى وفى حالة عدم توفر بيانات كافية وبالنسبة للخلطات الخرسانية التى تقل رتبتها عن ٢٠٠ فإنه يمكن الاسترشاد بمكونات الخلطة بالجدولين التاليين والذى يتضمن استخدام أسمنت بورتلاندى عادى وركام سليسى وعلى القائم بتحديد المكونات إجراء تعديلات فى النسب بما يعوض الفروق بين الركام المستعمل والركام السليسى .

جدول يبين نسب مكونات الخلطات الخرسانية الاسترشادية (بالوزن)

رتبة الخرسانة	نسبة مكونات الخلطة أسمنت : رمل: زلط	كمية الأسمنت كجم/متر مكعب	القوام (سم)
١٥٠	١,٠٠ : ٢,٠٠ : ٤,٠٠	٣٠٠	٥ - ٨
١٧٥	١,٠٠ : ١,٧٥ : ٣,٥٠	٣٥٠	٥ - ٨

جدول يبين نسب مكونات الخلطات الخرسانية الاسترشادية (بالحجم)*

رتبة الخرسانة	أسمنت	رمل		زلط		محتوى الماء (لتر)
		بالحجم (م٣)	مقاسات الصندوق (سم)	بالحجم (م٣)	مقاسات الصندوق (سم)	
١٥٠	شيكارة ٥٠ كجم	٠,٠٦٦	٥٠ × ٥٠ × ٢٦,٥	٠,١٣٢	٥٠ × ٥٠ × ٥٣	٢٧,٥
١٧٥	شيكارة ٥٠ كجم	٠,٠٥٨	٥٠ × ٥٠ × ٢٣,٥	٠,١٦٦	٥٠ × ٥٠ × ٤٠	٢٣,٠

* هذه الخلطات تستعمل للتصميم بطريقة إجهاد التشغيل ، ولا تستعمل فى حالة التصميم بطريقة حالات الحدود .

٣) خلطات تأكيدية المقاومة (إلزامية)

على منتج الخرسانة - بالموقع أو بمصنع الخرسانة الجاهزة- أن يجرى خلطات تجريبية منفصلة من الخرسانة باستعمال مواد مماثلة أو مواد من مصادر مشابهة للمصادر المزمع استعمالها ويفضل أن تكون كل خلطة - على حدة - بحجم وظروف الإنتاج كاملة).

ــ لكل من الخلطات الثلاثة تقاس التشغيلية وتعد عشرة مكعبات تختبر سبعة منها على الأقل عند ٢٨ يوماً وتختبر ثلاثة عند عمر مبكر إذا لزم الأمر ويفضل أن تكون هذه الأعمار ٣ أو ٧ أيام .

ــ وفى حالة عدم وجود نص خاص بمواصفات المشروع تعد مكعبات الخرسانة وتعالج وتختبر طبقاً للمواصفات القياسية المصرية .

ــ تقبل نسب الخلطة إذا تم استيفاء الشروط التالية :

أ) متوسط مقاومة الضغط بعد ٢٨ يوماً لثلاثة خلطات متتابعة لها نفس المكونات (المحسوبة سابقاً) يزيد على قيمة المقاومة المميزة بالقيمة التالية :

٣٠ كجم / سم٢ للخرسانة ذات الرتبة ٢٠٠ أو أكثر .

٢٠ كجم / سم٢ للخرسانة التى تقل رتبتها عن ٢٠٠ .

ب) نتيجة مقاومة الكسر لأى اختبار لا تقل عن قيمة المقاومة المميزة .

جـ) لا يزيد الفرق بين أكبر مقاومة للمكعبات وأصغرها عن ٢٠٪ من المتوسط .

٤) خلطات تأكيدية إضافية :

إذا ما رأت الجهة المشرفة على التنفيذ أن هناك حاجة لخلطات تأكيدية أثناء التنفيذ أو قبل عمل تغييرات جوهرية فى المواد أو نسب الخلطة . يلزم المقاول أو منتج الخرسانة بإجراء هذه الخلطات .

ويراعى أن يستبعد من طلب هذه الخلطات تعديل النسب الذى يشمله برنامج ضبط الجودة بغرض التغيير فى الحدود الدنيا للمقاومة وصولاً لمتوسط المقاومة المستهدف .

كما لا تتضمن هذه الخلطات حالات التأكد من المحتوى الأدنى للأسمنت أو النسبة القصوى من الماء الحر إلى الأسمنت وهى الاختبارات التى قد تتطلبها بعض مراحل التنفيذ . كذلك لا يدخل ضمن هذه الإجراءات الاختبارات الدورية الروتينية لضبط الجودة والمشار إليها .

خامساً : اعتبارات خاصة لتأمين تحمل الخرسانة مع الزمن :

بالإضافة لاستيفاء الخلطة للمقاومة فإنه يلزم تأمين مقاومتها مع الزمن بأخذ مجموعة من العوامل المتداخلة فى الاعتبار على النحو التالى :

١) الحد الأقصى لمحتوى الأملاح والمواد الضارة فى ماء الخلط :

يشترط فى ماء خلط الخرسانة أن لا يزيد محتوى الأملاح عن :

٢,٠٠٠ جرام فى اللتر من الأملاح الكلية الذائبة (T.D.S).

٠,٥٠٠ جرام فى اللتر من أملاح الكلوريدات .

٠,٣٠٠ جرام فى اللتر من أملاح الكبريتات .

١,٠٠٠ جرام فى اللتر من أملاح الكربونات والبيكربونات .

٠,١٠٠ جرام فى اللتر من كبريتيد الصوديوم .

٠,٢٠٠ جرام فى اللتر من المواد العضوية .

٣,٠٠٠ جرام فى اللتر من المواد غير العضوية وهى الطين والمواد المعلقة غير الرسوبية التى تعكر ماء الخلط .

٢) الحد الأقصى لمحتوى أيونات الكلوريدات فى الخرسانة :

للوقاية من صدأ صلب التسليح يجب ألا يزيد التركيز الكلى لأيونات الكلوريدات الذائبة فى الخرسانة المتصلدة (والناتج من الماء والركام والأسمنت والإضافات) عند عمر ٢٨ يوماً على الحدود الواردة فى الجدول التالى .

٣) الخرسانة فى الظروف الحمضية :

يفضل أن لا تستخدم أنواع الأسمنت البورتلاندى العادى فى الخرسانة المعرضة لظروف حمضية ذات أس هيدروجينى أقل من ٧ ويستخدم فى هذه الحالة الأسمنت المقاوم للكبريتات بالإضافة إلى دهانات واقية من الأحماض وزيادة الغطاء الخرسانى .

جدول يبين المحتوى الأقصى لأيونات الكلوريدات الذائبة اللازمة للوقاية من صدأ صلب التسليح

الحد الأقصى لأيونات الكلوريدات الذائبة فى الماء فى الخرسانة ـ كنسب مئوية من وزن الأسمنت	الظروف حول الخرسانة
٠,١٥	الخرسانة المسلحة معرضة للكلوريدات .
١,٠٠	الخرسانة المسلحة جافة محمية تماماً من الرطوبة فى ظروف الاستخدام .
٠,٣٠	العناصر الإنشائية الأخرى .

٤) الخرسانة فى الظروف الكبريتية :

عندما تكون الخرسانة معرضة لأملاح الكبريتات فى التربة أو المياه الجوفية (كبريتات الصوديوم أو البوتاسيوم أو الكالسيوم) فإنه يجب العناية بنوع الأسمنت ومحتواه ونوع الركام والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام ونسبة الماء إلى الأسمنت ويمكن الاسترشاد بالقيم الواردة بالجدول التالى لتحديد هذه البنود .

٥) الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت :

عندما تكون الخرسانة معرضة لظروف معينة مع استخدام الأسمنت البورتلاندى العادى فإنه يمكن الاسترشاد بالجدول التالى لتحديد الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت فى الخلطات .

٦) الحد الأقصى لمحتوى الأسمنت :

يجب ألا يزيد محتوى الأسمنت فى خلطة الخرسانة على ٥٠٠ كجم / م^3 ما لم تكن هناك اعتبارات خاصة قد أخذت فى التصميم لتفادى التشرخ الناتج على انكماش الجفاف فى قطاعات الخرسانة الرقيقة أو الإجهادات الحرارية فى القطاعات السميكة .

جدول يبين متطلبات الخرسانة المعرضة للمهاجمة الكبريتية لتحقيق كثافة عالية ودمك كامل للخرسانة

تركيز الكبريتات فى صورة ثالث أكسيد الكبريت			نوع الأسمنت	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت كجم / م٣				
فى التربة		فى الماء الأرضى		المقاس الاعتبارى الأكبر لركام / مم				الحد× الأقصى
كب أ٣ الكلى ٪	كب أ٣ فى مزيج من الماء والتربة بنسبة ٢:١	جزء فى المليون		٤٠	٣٠	٢٠	١٥	لنسبة الماء إلى الأسمنت
٠,٢ >	—	٣٠٠	بورتلاندى عادى	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	٠,٥٢
٠,٢ إلى ٠,٣٥	—	٣٠٠ إلى ٧٠٠	بورتلاندى عادى مقاوم للكبريتات فائق للكبريتات	٣٥٠ ٣٠٠ ٣٥٠	٣٥٠ ٣٠٠ ٣٥٠	٤٠٠ ٣٥٠ ٤٠٠	٤٠٠ ٣٥٠ ٤٠٠	٠,٤٨ ٠,٥٣ ٠,٤٨
٠,٣٥ إلى ٠,٥٠	—	٧٠٠ إلى ١٢٠٠	مقاوم للكبريتات أو فائق للكبريتات	٣٥٠ ٤٠٠	٣٥٠ ٤٠٠	٤٠٠ ٤٠٠	٤٠٠ ٤٠٠	٠,٥٠ ٠,٤٥
٠,٥٠ إلى ١,٠٠	١,٩ – ٣,١	١٢٠٠ إلى ٢٥٠٠	مقاوم للكبريتات أو فائق للكبريتات	٤٠٠	٤٠٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٤٥
١,٠٠ إلى ٢,٠٠	٣,١ – ٥,٦	٢٥٠٠ إلى ٥٠٠٠	مقاوم للكبريتات أو فائق للكبريتات	٤٠٠	٤٠٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٤٣
٢,٠٠	٥,٦	٥٠٠٠	مقاوم للكبريتات أو فائق للكبريتات + دهانات واقية مناسبة	٤٠٠	٤٠٠	٤٥٠	٤٥٠	٠,٤٣

×فى حالة الركام جافا

ويلاحظ بالجدول السابق الآتى :

— الحدود الواردة بالجدول تطبق على الخرسانة بركام طبيعى (م ق م ١١٠٩ / ١٩٧١) .

— الخرسانة المعرضة لمياه أرضية بأس هيدروجينى من ٦ إلى ٩ ومحتوية على كبريتات طبيعية وليست مترسبة كأملاح .

— فى الظروف القاسية مثل القطاعات الصغيرة تحت ضغط مائى من جانب واحد أو مغمور جزئياً يلزم أن يؤخذ فى الاعتبار تقليل نسبة الماء للأسمنت و / أو زيادة محتوى الأسمنت على الحدود الواردة بالجدول لتحقيق المنفذية الدنيا للخرسانة .

جدول يبين الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت فى خلطات خرسانة الأسمنت البورتلاندى لتأمين التحمل مع الزمن للخرسانة المسلحة المعرضة لظروف محددة+

الظروف التى يتعرض لها المبنى بعد الإنشاء	المقاس الإعتبارى الأكبر للركام – مم				الحد الأقصى لنسبة* الماء : الأسمنت
	٤٠	٣٠	٢٠	١٥	
عادية : الخرسانة محمية تماماً من الظروف الجوية والظروف المحيطة الضارة .	٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٣٥٠	٠,٦٠
متوسطة : الخرسانة غير المعرضة أو المعرضة للظروف المحيطة الضارة ولكنها مدفونة دائماً تحت الماء أو معرضة للرطوبة .	٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٠,٥٠
قاسية : الخرسانة معرضة لظروف محيطة ضارة أو لماء البحر أو لدورات من البلل والجفاف أو الغازات ... إلخ	٣٥٠	٣٥٠	٤٠٠	٤٠٠	(٠,٤٠ ، ٠,٤٥ لمحتوى الأسمنت ٤٠٠، ٣٥٠ كجم على التوالى

+ الحدود الواردة بالجدول لخلطات الخرسانة المستخدمة ويمكن تخفيض أى محتوى أسمنت بمقدار ٥٠ كجم / م^3 فى حالة استعمالها لخلطات الخرسانة العادية .

* فى حالة استخدام الركام جافاً .

الفصل الثانى

التصميم

التصميم ينقسم إلى قسمين :

أولاً : أعمال الأساسات وتتلخص كالآتى :

أ) دراسة المياه الجوفية .

ب) حماية الأساسات من أملاح التربة وأحماضها .

جـ) أحمال الزلزال التصميمية .

د) التصميم الإنشائى وقد تمت الدراسة بالجزء الثانى لجميع أعمال الأساسات علماً بأنه قد فرضت الأحمال على القواعد ولكن عند تصميم الأحمال يجب الرجوع إلى الكود الخاص بالخرسانة المسلحة من الأحمال الميتة والأحمال الحية وضغط الريح والزلزال .

ثانياً : تصميم الهيكل الخرسانى :

أ) ترجع إلى الكود الخاص بالخرسانة المسلحة فى جميع بنوده .

ب) التفاصيل الإنشائية وسنلقى عليها الضوء باختصار على التفاصيل وإعداد الرسومات وسنقوم بشرح كل بند على حدة.

أولاً : أعمال الأساسات

أ) ارتفاع المياه الجوفية وأضراره على المبانى :

ـــ ظاهرة ارتفاع المياه الجوفية وأسبابها :

ارتفاع منسوب المياه الجوفية فى المناطق الآخذة فى التطور هو حالة تعانى منها جمهورية مصر العربية – وقد لعبت عوامل وأسباب عديدة دوراً أساسياً فى ارتفاع منسوب المياه الجوفية منها على سبيل المثال لا الحصر ما يلى :

١) الإسراف فى استخدام مياه الشرب ومياه الصرف الصحى المعالج لرى الحدائق والمناطق الخضراء والأشجار فى الشوارع .

٢) تسرب المياه من شبكة توزيع المياه وشبكة الصرف الصحى فى المناطق المخدومة بشبكات الصرف الصحى وذلك بسبب تآكل الشبكة وعدم صيانتها .

٣) ترشيح المياه فى بيارات الصرف الصحى .

٤) الأمطار والسيول التى يتسرب جزء من مياهها إلى باطن الأرض فتؤدى إلى ارتفاع منسوب المياه .

٥) السد العالى : نظراً لحجز المياه فى بحيرة ناصر أمام السد فبدأ يسرب المياه لجميع مناطق الجمهورية .

أضرار ارتفاع منسوب المياه الجوفية على المبانى :

ينجم عن ارتفاع منسوب المياه الجوفية مخاطر جمة على المنشآت والمبانى القائمة نتيجة تذبذب مستوى المنسوب وعدم استقراره عند مستوى واحد .. كما أن مقدار تأثر التربة بالمياه الجوفية بوجه خاص يعتمد أساساً على نوعية التربة حيث إن

التربة الرملية وكذلك الطينية تكون درجة التأثير فيها أكبر من التربة الصخرية . ويترتب على ذلك كله تعرض المبانى إلى التشقق والتصدع . وتزداد درجة هذا التصدع وخطورته بمرور الزمن مما يؤدى إلى سقوطها وذلك نتيجة لما يلى :

١) تعرض أساسات المبانى إلى الانحراف والتحرك بفعل تحلل طبقات الأرض وذوبانها فى الماء مما يترك فجوات وفراغات فى هذه الأساسات تشكل خطورة على هذه المبانى .

٢) تأثر الأساسات غير المسلحة أو التى لا تحتوى على حديد التسليح المقاوم للتمدد عند تمدد طبقات الأرض الطينية وذلك لتشبعها بالماء .

٣) الصدأ الذى يصيب حديد التسليح فى الأساسات من جراء تعرضه لأكسجين الهواء عندما تغمر المياه هذه الأساسات نتيجة لارتفاعها (ويحدث هذا عندما يكون عمق حفريات الأساسات غير كاف) كما أن الأملاح التى تحتوى عليها المياه الجوفية تؤدى إلى صدأ الحديد وتآكله أيضاً .

٤) تسرب المياه وانتشارها حول الأساسات نتيجة شرخ ماسورة مياه أو صرف صحى أو أمطار غزيرة لا تجد تصريفاً .

٥) ارتفاع المياه الجوفية والسطحية يؤدى إلى هبوط فى أرضيات المبانى وأحياناً يكون هذا الهبوط مفاجئاً وذلك نتيجة انجراف التربة مما يترك فجوات تكون عرضة للهبوط المفاجىء .

٦) التلف الذى يصيب شبكة التمديدات الكهربائية وتمديدات الهاتف نتيجة تسرب المياه حولها ومحاصرتها وإغراقها مما يؤدى إلى تآكلها .

٧) تدهور بعض عناصر البناء مثل البياض والطوب والرخام وغيرها .

٨) طفح المياه داخل البدرومات والسراديب .

ويترتب عن هذه الأضرار - التى تصيب المبانى وتؤدى إلى تصدعها وسقوطها إذا لم تتم معالجتها - مشكلات اقتصادية وصحية وقانونية تتمثل فى :

— زيادة تكاليف البناء بسبب المصروفات الإضافية المترتبة عن سحب المياه والتحصين ضد احتمالات ارتفاعها .

— زيادة تكاليف الصيانة للمبانى أو شبكات التمديدات الكهربائية أو شبكات توزيع المياه أو شبكات التصريف الصحى .

— تقصير عمر المبانى والمرافق والخدمات تحت الأرضية .

— الأثر السلبى على الصحة العامة للسكان الذين يعملون أو يقيمون فى البدرومات نتيجة تشبعها بالرطوبة عند طفح المياه بها وانعدام التهوية الطبيعية وتعذر دخول الشمس إليها .

— الأضرار التى يلحقها انهيار وسقوط المبانى على السكان مما ينجم عنه جرح ووفاة عدد منهم .

— القضايا والمسائل القانونية المترتبة عن سقوط المبنى والتى تعرض مقاول التنفيذ أو المهندس المصمم أو صاحب المبنى أو جميعهم إلى المساءلة القانونية .

طرق المعالجة المطروحة للتقليل أو الحد من أضرار المياه الجوفية على المبانى :

أولاً : طرق وأساليب التحكم فى المصادر المسببة لارتفاع منسوب المياه الجوفية :

تتلخص تلك الأساليب والطرق المتبعة للتحكم فى المصادر المسببة لارتفاع المياه الجوفية فى الآتى :

١) تقليل الفاقد من مياه الرى الزائدة عن الحاجة الفعلية وذلك عن طريق دراسة أساليب ونظم الرى المستخدمة وإجراء مسح شامل لمعرفة أنواع النباتات التى تزرع فى منطقة ما وتحديد حاجتها الفعلية من المياه وتوفير هذه الكمية من خلال استخدام نظام حديث للرى بدلاً من النظم التقليدية .

٢) رقابة شبكة مياه الشرب والكشف عن الترسيبات وإصلاحها بصفة مستمرة .

٣) ترشيد استهلاك مياه الشرب عن طريق تحديد معدل الاستهلاك الفردى اليومى للمياه ووضع خطة لهذا الترشيد .

٤) توفير شبكات فعالة للصرف الصحى مما يؤدى إلى التقليل من كمية المياه المتسربة إلى باطن الأرض - كما يؤدى إلى انخفاض نسبة المركبات الكيماوية والبيولوجية والذى يقلل بالتالى من تأثير المياه على أساسات المبانى وعناصرها الإنشائية وشبكات المرافق العامة .

ثانياً: أساليب تخفيض منسوب المياه الجوفية: (انظر الباب السابع)

هناك عدة طرق لخفض منسوب المياه الجوفية نوجز منها ما يلى :

١) إنشاء مصارف أفقية مغطاة أو مكشوفة تعمل بالجاذبية الأرضية .

٢) إنشاء آبار رأسية أو أفقية تسحب فيها المياه بواسطة مضخات .

٣) إنشاء مجموعة ثقوب توزع تحت سطح المياه الجوفية ويتم السحب بواسطة مضخات مشتركة .

ثالثاً : دراسة خصائص التربة قبل البدء فى المشروع الإنشائى :

يلجأ المهندسون والفنيون ومقاولو التنفيذ منذ بدء المشروع الإنشائى وفى طور إعداد التصاميم الهندسية إلى دراسة وضع التربة عن طريق تجميع المعلومات وإجراء التحاليل اللازمة التى تبين نوعية التربة التى سوف يقام عليها المبنى المراد إنشاؤه ، ومستوى ارتفاع وانخفاض منسوب المياه الجوفية ..وعلى ضوء

هذه الدراسات والتحاليل والنتائج يتم تحديد أساس المبنى وعمقه المناسب تفادياً لحدوث أى هبوط فى التربة كما تتخذ الاحتياطات اللازمة التى تمكن الأساس من تحمل ذلك الهبوط دون أن يؤثر ذلك سلباً على المبنى .

رابعاً : الأساليب الوقائية فى مرحلة تنفيذ المشروع (المبنى) :

١) تكتسب عملية إنشاء المبانى فى منطقة تغمرها المياه أهمية خاصة ولها أساليبها المتعددة ، ولكن أكثر الأساليب شيوعاً هو إحاطة المنطقة بألواح من صاج الحديد أو أنابيب كبيرة تدق إلى العمق المطلوب - ثم تشفط المياه من داخلها بواسطة مضخات ويتم مباشرة صب الأساسات بعد إتمام عملية شفط المياه .

٢) ولتنفيذ البناء تحت منسوب المياه الجوفية طرق وأساليب خاصة تتلخص فى :

ـ وضع مكونات الخرسانة الجافة (أسمنت - زلط - رمل) فى أكياس محكمة تسمح بنفاذ الماء بينما لا تسمح بتسرب مكونات الخرسانة إلى الأعماق . وتختلط الخرسانة الجافة لتتجمد وتكتسب قوتها المطلوبة وهذه الطريقة تستخدم فى حالة استحالة خلط الخرسانة بالطرق التقليدية فى البناء تحت الأعماق .. كما تستخدم فى صب القواعد الخرسانية العادية فقط ولا يمكن استخدامها فى صب القواعد الخرسانية المسلحة لما يمكن أن تسببه المياه الجوفية من صدأ لحديد التسليح .

ـ تحديد مساحة معينة بواسطة قوائم حديدية أو خشبية لوضع الخرسانة داخلها بواسطة مضخة يستخدمها غواصون متمرسون ومتخصصون . وتستخدم هذه الطريقة فى البناء الذى يتطلب عمقاً محدداً .

ـ وإذا كان المبنى المطلوب إنشاؤه مصمماً على أساس الخرسانة المسلحة فإنه يتم استخدام طريقة أخرى يعتمد على الطين السائل حيث يتم حفر التربة بالشكل المطلوب وتملأ بسائل غليظ لطرد المياه الجوفية عن هذه الحفرة .. ثم تصب الخرسانة بعدئذ وبعد أن يتم وضع التسليح فى مكانه الصحيح .

ـ وهناك طريقة أخرى أكثر تعقيداً وأكثر خطورة وهى ما تعرف بطريقة القيسون (Caissons) وفيها تدق أسطوانة قوية حتى العمق المطلوب وتفرغ من الماء بضغط الهواء . وعندئذ ينزل عمال متخصصون إلى العمق ويقيمون البناء المطلوب وذلك تحت ضغط مرتفع وتتطلب هذه الطريقة عمالاً مهرة وأجهزة معقدة كما أنها لا تخلو من الحوادث فى الغالب .

٣) أما أساليب مقاومة الصدأ عن طريق مكافحة الأملاح الضارة التى تسبب الصدأ فى حديد التسليح فهى أيضاً متعددة . ونكتفى بذكر الأساليب التالية :

ـ استخدام الأسمنت البورتلاندى المقاوم لأملاح الكبريتات فى الخرسانات المسلحة ولكن وجد أن هذا النوع من الأسمنت لا يقوى على مقاومة أملاح الكلوريد .

ـ استخدام الحديد المجلفن أو طلاء الحديد بطبقة تمنع وصول الأوكسجين إلى المعدن نفسه ، ومن سلبيات هذه الطريقة أنها مكلفة جداً إلى جانب أن ظهور مجرد شرخ صغير فى طبقة الطلاء يكفى لوصول الأوكسجين إلى الحديد . وبالتالى يحدث الصدأ .

ـ من الأساليب الحديثة المطبقة لمنع الصدأ عن حديد التسليح استخدام مواد عازلة لطلاء السطح الخارجى للخرسانة لمنع وصول الأوكسجين لحديد التسليح ومنع تسرب المياه الجوفية إلى حديد التسليح .

ـ طريقة أخرى حديثة يوصى بها المهندسون والمتخصصون وهى استخدام غطاء خرسانى سميك لحديد التسليح مع استخدام الأسمنت المخلوط بالرماد المتطاير (Flyash) .

ب) حماية الأساسات من أملاح التربة وأحماضها :

الدراسة الكيميائية للمواد المكونة للبيئة المحيطة بالأساسات :

وتتلخص فى الآتى :

١) تختلف خواص مواد البناء المستعملة فى الخرسانة مما يؤثر على نوعية ونسب المركبات الكيميائية بالخرسانة وغالباً ما تحتوى الخرسانة على مركبات الكالسيوم والمركبات السليسية بنسب كبيرة بالإضافة إلى بعض المركبات ذات النسب الضئيلة مثل مركبات الألومنيوم ومركبات الحديد والمغنسيوم وقد تتواجد أيضاً مركبات الصوديوم والبوتاسيوم . هذا ومن الثابت أن تأثر الخرسانة كيميائياً بالمواد الضارة المتواجدة بالبيئة المحيطة بها ينصب فى المقام الأول على التأثير فى مركبات الكالسيوم . كما أن وجود المياه يعتبر عاملاً ضرورياً للتفاعلات الكيميائية لذا يجب الاهتمام بدراسة الوسط المحيط بخرسانة الأساسات للتعرف على الأملاح المتواجدة بالتربة وكذلك المياه الجوفية فى حالة تواجدها .

وأيضاً تؤخذ الاحتياطات اللازمة بفرض احتمال تواجد المياه أو الرطوبة على المدى البعيد أياً كان مصدرها حيث إن وجودها قد يؤدى إلى نشاط كيميائى بين مكونات الخرسانة والوسط المحيط ؛ وتهدف هذه الدراسة إلى تقييم العناصر التى تتواجد فى الماء والتربة المحيطة بالخرسانة المتصلدة .

٢) العناصر الضارة بالخرسانة وتأثيرها :

أ) الأحماض الحرة وبعض الغازات التى تهاجم الخرسانة فى وجود الرطوبة .

ب) الكبريتيد (كبريتيد الهيدروجين) .
جـ) الكبريتات .
د) بعض أملاح المغنسيوم .
هـ) أملاح الأمونيا .
و) بعض المركبات العضوية .

وهناك بعض المصادر الأخرى والتى سيتم ذكرها فيما بعد :

أولاً : الأحماض الحرة : الأحماض الحرة لها قدرة على إذابة المركبات الأسمنتية كما أنها تضر الطوب والركام إذا كان محتوياً على كربونات الكالسيوم وهيدروكسيد الكالسيوم .

ويمكن التعرف على وجود الأحماض بواسطة قياس الأس الهيدروجينى فإذا قل الأس الهيدروجينى عن ٦,٥ فإن ذلك يعنى أن الوسط له تأثير ضار بالخرسانة ويوضح البند التالى (رقم (١) ورابعاً) التأثير الضار للأحماض الحرة على الخرسانة .

١ - الأحماض المعدنية : الأحماض المعدنية ولها القدرة على إذابة الأسمنت وتؤثر على الركام فى حالة احتوائه على أملاح الكربونات ومن هذه الأحماض حامض الكبريتيك ، الهيدروكلوريك والنيتريك ... وغيرها ومن أمثلة ذلك .

أ) كبريتيد الهيدروجين (يد ٢ كب) :

قدرته أقل على إذابة الخرسانة وهو يتخلل الخرسانة على هيئة غاز ويذوب فى وجود الرطوبة ويعطى حامض الكبريتيك وأملاح الكبريتات فى وجود زيادة من الهواء كما أن الكبريتيدات الغير قابلة للذوبان مثل (البيريت والمركسيت) قد تتأكسد إلى كبريتات وحامض الكبريتيك فى الجو الرطب المحتوى على الأوكسجين .

ب) ثانى أكسيد الكبريت :

يمتص داخل الخرسانة على هيئة غاز ويذوب فى الرطوبة ويكون حامض الكبريتوز (يد ٢ كب أ ٣) الذى يتأكسد إلى حامض الكبريتيك (يد ٢ كب أ ٤) وأملاح الكبريتات بند (١) .

جـ) حمض الكربونيك الذائب :

يهاجم حامض الكربونيك الخرسانة مثل باق الأحماض الضعيفة فيذوب هيدروكسيد الكالسيوم ولا يعتبر الأس الهيدروجينى مقياساً لتركيز الجير الذائب فى حامض الكربونيك .

٢) الأحماض العضوية الحرة : الأحماض العضوية أقل خطورة من الأحماض غير العضوية والأحماض العضوية مثل (حامض الخليك - اللاكتيك - البيوتريك) تذيب الكالسيوم من مكونات الأسمنت والطوب وتكون ملح الأحماض كما أن بعض الأحماض العضوية تكون طبقة حامية مثل حامض الأوكساليك والترتريك .

والأحماض الحيوانية ليس لها تأثير يذكر على الخرسانة المتصلدة . وقد يحدث أن يحل الهيدروجين محل الأيونات الموجبة فى الأملاح العضوية لينتج أحماض غير عضوية . كما أن تلك الأحماض تؤثر على تصلد الخرسانة الطازجة إذا ما وصلت إليها كمية صغيرة من النفايات كمصدر للأحماض العضوية .

ثانياً : الكبريتات : تتفاعل الكبريتات مع مركبات الكالسيوم والألومنيوم فى الأسمنت والطوب وتكون مركبات ذات قابلية شديدة لامتصاص الماء وهذا يسبب الانتفاخ فى الخرسانة مما يؤدى إلى الشروخ الشعرية .

ثالثاً : أملاح المغنسيوم : كلوريدات وكبريتات المغنسيوم تذيب هيدروكسيد الكالسيوم من الأسمنت والطوب وتكون هيدروكسيد المغنسيوم الرخو مكوناً كتلة جيلاتينية وذلك بالإضافة إلى مهاجمة الكبريتات لمركبات الكالسيوم والألومنيوم فى الأسمنت كما فى البند ثانياً .

رابعاً : أملاح الأمونيوم : تذيب أملاح الأمونيوم عدا (كبريتات الأمونيوم - أوكسيلات الأمونيوم - فلوريد الأمونيوم) هيدروكسيد الكالسيوم فى الوحدات الأسمنتية (وتظهر رائحة الأمونيا النشادر) التى تذوب فى الماء - كبريتات الأمونيوم تؤثر على الخرسانة كما هو مبين بالبند ثانياً أما الأمونيا (النشادر) فليس لها تأثير ضار على الخرسانة .

خامساً : الماء العذب : الماء العذب ذو عسر كلى أقل من (٥٠٠ جزء / مليون) ويحتوى على أملاح الكالسيوم والمغنسيوم أو الكالسيوم فقط . ووجود نسبة ضئيلة من هذه الأملاح يؤدى إلى إذابة هيدروكسيد الكالسيوم فى الأسمنت والطوب وعلى أى الأحوال لا يشكل العسر الكلى خطراً كبيراً على الخرسانة .

سادساً : الدهون والزيوت : تتأثر الخرسانة بالدهون والزيوت ويختلف التأثير باختلاف التركيب الكيميائى لتلك الدهون والزيوت وعلى حالته الطبيعية (سائل أم صلب) .

١) الدهون والزيوت النباتية والحيوانية : تؤثر الدهون والزيوت النباتية والحيوانية على الخرسانة وهى عبارة عن إسترات الأحماض الدهنية وهى تتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم فى الأسمنت لتكون أملاح الكالسيوم للأحماض الأمينية (الصابون) وحيث إن نفاذية الدهون والزيوت النباتية والحيوانية خلال الخرسانة بطيئة لذا لا يشكل وجودها خطراً جسيماً .

٢) الزيوت المعدنية والدهون : لا تؤثر الزيوت المعدنية

والدهون على الخرسانة فى حالة خلوها. تماماً من الأحماض والدهون النباتية أو الحيوانية .

٣) **زيوت القار** : تحتوى دائماً الزيوت المتوسطة والزيوت الثقيلة على الفينول (حامض الكربوليك) ومشتقاته وهذا الحمض يكون مع الخرسانة أملاح الفينولات . والخرسانة غير المسامية لا تتأثر تأثراً محسوساً بتلك المركبات .

سابعاً : تواجد المواد المهاجمة للخرسانة : المياه : مصادر المياه متعددة وهى كالآتى :

١) **مياه البحر** : الأملاح الأساسية التى تهاجم الخرسانة هى الكبريتات والكلوريدات وأملاح المغنسيوم وتحتوى مياه البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر على نسب عالية من تلك الأملاح وتتراوح الأملاح الذائبة فيها (٣٠٠٠٠ - ٤٠٠٠٠) جزء فى المليون .

٢) **مياه الآبار** : مياه الآبار الصالحة للشرب عادة تكون نقية من الناحية الكيميائية وقد تحتوى على الجير الذائب فى حامض الكربونيك ويجب الحرص عند استعمالها فى أعمال الخرسانة .

٣) **مياه المستنقعات** : تحتوى مياه المستنقعات على مواد تهاجم الخرسانة فى صورة جير ذائب فى حامض الكربونيك - الكبريتات - الأحماض العضوية .

٤) **المياه الجوفية والمختزنة** : تحتوى المياه الجوفية على الكالسيوم الذائب فى حامض الكربونيك - كبريتات المغنسيوم - كبريتيد الهيدروجين - الأمونيا وقد تحتوى على مواد عضوية ضارة بنسب عالية وذلك فى حالة تداخل مياه ضارة مثل مياه الصرف الصحى والمياه التى قد تنساب من مصدر سطحى أو جوفى وتختزن فى التربة وتنساب من الشقوق أثناء الحفر وتحتوى على نسبة عالية جداً من الأملاح كما يحدث فى خارج مدينة السويس أو الصحراء بين الواسطى والفيوم على سبيل المثال حيث ترتفع نسبة الكبريتات لأكثر من ٨٠٠٠ جزء فى المليون (وهذا يفوق المتواجد بمياه البحر) .

٥) **مياه الأنهار** : مياه الأنهار نقية تماماً وربما تحتوى على الشوائب ونسبها عموماً لا تصل إلى حد الخطورة على خرسانة .

٦) **مياه الصرف الصحى** : تحتوى مياه المجارى على مواد عضوية ومواد غير عضوية وخصوصاً الأحماض العضوية وغير العضوية وأملاحها . وتتواجد هذه المياه بكميات كبيرة فى المناطق الصناعية ، ولاستعمال تلك المياه فى خلط الخرسانة يجب ألا تحتوى على نسب أعلى من النسب المسموح بها فى أعمال الخرسانات . وتحتوى المناطق الصناعية على مخلفات بها عناصر - كما أن المياه الناتجة من مصنع حفظ المأكولات والجلفنة (الطلاء) تحتوى على عناصر غير عضوية مثل الكبريتات والأحماض المعدنية ، وتحتوى مياه الصرف لهذه المصانع ومصانع الكوك أيضاً على أملاح الأمونيا والفينول .

ثامناً : التربة :

١) **تربة تحتوى على الكبريتات :**

تتكون طبقات رسوبية من الجبس القابل للذوبان والجبس غير المتميىء بسمك كبير فى بعض المناطق كسيناء ورأس غارب والغربانيات بالصحراء الغربية وقد يتواجد الجبس أيضاً مختلطاً بالتربة والترسيبات السطحية وخاصة بعض المناطق الصحراوية على هيئة حبيبات . أو على هيئة طبقة قد يصل سمكها إلى عدة سنتيمترات . وقد يكون الجبس غير متميىء وقد يكوّن الكبريتات قابلة للذوبان فى الماء .

٢) **تربة البرك** : تحتوى تربة البرك المردومة على المواد المتواجدة كما فى البند ٣ من سابعاً بالإضافة إلى كبريتات الحديد (بيريت + مركسيت ح كب) كما فى بند ٢ من أولاً وتتواجد أيضاً بالتربة الطفلية .

النفايات والمخلفات الصناعية : تحتوى النفايات والمخلفات الصناعية تعتمد على مصدرها ، وعادة تتواجد بها المواد المذكورة بالعناصر الضارة بالخرسانة وتأثيرها بكميات كبيرة . والمحلول المائى لهذه المواد يهاجم الخرسانة .

تاسعاً : الغازات : عادم الصناعة ومخلفات الحريق مصحوبة بغازات من الممكن أن ينتج عنها أحماض معدنية وأحماض عضوية وثانى أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين وتذوب الغازات إما فى الرطوبة أو فى مياه الأمطار لتكون محاليل تهاجم الخرسانة أما الأملاح المتكونة مثل الكبريتات فمن الممكن أن تذوب فى ظروف ملائمة وتهاجم الخرسانة ، والخرسانة لا تتأثر بغاز ثانى أكسيد الكربون الذى ينتج كعادم للاحتراق ولكن إذا زادت نسبته فإنه يتفاعل مع الخرسانة فيساعد على حماية الحديد ضد التآكل .

عاشراً : تقييم الماء والتربة والغازات :

بصفة عامة فإنه من الممكن اختبار عينة من الماء لتقييم مدى مهاجمتها للخرسانة . كما أنه يمكن تقييم المواد الضارة بالخرسانة فى التربة المحيطة بالأساس وذلك بإجراء الاختبار إما على التربة المشبعة أو على التربة الجافة فى حالة عدم وجود ماء بالموقع .

الحادى عشر : المياه

١) **الفحص الخارجى :**

تتميز المياه الضارة عند الفحص الظاهرى باللون الداكن - الرائحة - وجود ترسيبات جبس - خروج غاز (غاز المستنقعات - حامض الكربونيك) - تأثر عباد الشمس

بالغازات المتصاعدة (يتغير لون ورقة عباد الشمس الأزرق إلى الأحمر) وبالتحليل الكيميائى يمكن معرفة محتوى الماء .

٢) الفحص الكيميائى :

يتم الفحص الكيميائى للمياه بتقدير المحتويات الآتية :

أ) الأس الهيدروجينى . ب) الرائحة .
جـ) اختزال برمنجنات البوتاسيوم مجم / لتر .
د) العسر الكلى (الكالسيوم + المغنسيوم) .
هـ) العسر بالكربونات . و) العسر لغير الكربونات .
ز) المغنسيوم مجم / لتر. ح) الأمونيوم مجم / لتر .
ط) الكبريتات على هيئة كب أ ٣ مجم / لتر .
ى) الكلوريدات على هيئة كل مجم / لتر . .
ك) الجير الذى يذوب بحامض الكربونيك (ك أ ٢ مجم / لتر) .

ــ ويستدل على الغاز المتصاعد من رائحته (كبريتيد الهيدروجين - الكبريتيد - المركبات العضوية) فى حالة عدم تواجده بكمية كافية يتم إضافة المحلول القلوى بعد عملية التحميض ثم عملية التأكسد التى تتم باختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم ، ويجرى الاختبار مرتين وخصوصاً فى حالة المياه العفنة المحتوية على كبريتيد الهيدروجين التى تهاجم الخرسانة وأيضاً إذا كان اختزال محلول برمنجنات البوتاسيوم يزيد عن ٥٠ مجم / لتر فى عملية المياه المرشحة وعموماً فالتقييم القائم على الخبرة ضرورى جداً وخصوصاً فى تقييم المياه الناتجة عن الصناعات .

٣) حدود المكونات المهاجمة فى المياه :

حدود المكونات فى المياه الطبيعية مبينة فى الجدول التالى والقيم الموضحة بالجدول لها أهميتها لتقييم المياه الراكدة والمياه ذات الحركة البطيئة لاحتوائها عادة على نسب كبيرة من المواد الضارة التى لا تقل نسبتها بالمياه باستمرارية تفاعلها مع الخرسانة .

تقيم خطورة المياه المختبرة على الخرسانة بواسطة الجدول التالى وتكون المياه ذات ضرر بالغ فى حالة زيادة أى من القيم ومن ١ - ٥ عن الحد المسموح به وتحدد الأضرار بناء على قيم بندين لا أكثر وتؤخذ القيمة العليا للضرر عند التقييم .

جدول يبين حدود التقيم للمكونات الضارة بالمياه

م	الفحص	الأضرار		
		أضرار قليلة	أضرار شديدة	أضرار خطيرة
١)	الأس الهيدروجينى	٦,٥ - ٥,٥	٥,٥ - ٤,٥	أقل من ٤,٥
٢)	حامض الكربونيك على هيئة (ك أ٢) مجم / لتر .	١٥ - ٣٠	٣٠ - ٦٠	أعلى من ٦٠
٣)	الأمونيا (ن يد+ ٤) مجم/لتر .	١٥ - ٣٠	٣٠ - ٦٠	أعلى من ٦٠
٤)	الماغنسيوم (ما+ ٢) مجم/لتر .	١٠٠ - ٣٠٠	٣٠٠ - ١٥٠	أعلى من ١٥٠٠
٥)	الكبريتات (كب أ٣) مجم/لتر .	٢٠٠ - ٦٠٠	٦٠٠ - ٢٠٠	أعلى من ٢٠٠٠

ملحوظة : بالإضافة إلى أهمية تقييم المكونات الضارة فى الماء فمعدل التأثير الضار على الخرسانة يتزايد مع درجات الحرارة العالية والضغط العالى أو تعرض الخرسانة لمياه متحركة أو تحت ضغط هيدروستاتيكى أو الرج السريع ويقل معدل تأثير الخرسانة فى درجة الحرارة المنخفضة - وكذلك فى وجود كميات قليلة من المياه . ووجود مياه تتحرك ببطء هذا لأن المكونات الضارة تتزايد نسبياً ببطء كما هو فى حالة التربة قليلة النفاذية (معامل النفاذية) K < ١٠$^{-5}$م / ثانية .

الثانى عشر : التربة :

التربة الضارة :

١) الفحص الخارجى :

أ) توصف بأنها دائماً ذات لون يختلف عادة عن اللون العادى للتربة .

ب) يشتبه فى التربة الرمادية وخاصة إذا احتوت على صدأ بنى مصفر والتربة الرمادى الفاتح المائلة إلى البياض والمتواجدة تحت طبقة من التربة ذات لون بنى غامق يميل إلى الأسود .

ج) تدل البيانات المتخللة على وجود الحامضية فى التربة

د) يجب التحذير بالخطورة فى حالة وجود تلامس بين خرسانة الأساسات وطبقة من الجبس والجبس اللامائى أو أملاح الكبريتات الأخرى .

٢) الفحص الكيميائى : الفحص الكيميائى للتربة يجب أن يكون على النحو التالى :

أ) الحامضية العضوية .
ب) الكبريتات (كب أ ٣) ٪ للتربة المجففة بالهواء .
جـ) كبريتيد (كب) ٪ للتربة المجففة بالهواء .

وهذا الفحص يدل على أهم خواص ومكونات التربة الضارة كيميائياً بالخرسانة والتقييم الخاص بواسطة الخبير ضرورى جداً فى حالة التلوث الصناعى وكذلك فى حالة التربة المحتوية على كبريتيد أكثر من ١٠٠ مجم / ك على هيئة كب$^{--2}$ للتربة المجففة فى الهواء (أكثر من ٠,٠١٪ كب$^{--2}$) .

التربة المهاجمة :

يمكن تقييم مدى هجوم التربة المبللة أو المشبعة بالماء على خرسانة الأساسات فى ضوء الجدول التالى مع الأخذ فى الاعتبار أن قيم هذه الحدود تقل إذا ما قلت نفاذية التربة .

جدول يبين حدود وتقييم خطورة التربة المهاجمة على الخرسانة

الاختبارات	الخطورة	
	خطورة بسيطة	خطورة جسيمة
حامضيا	أعلى من ٢٠ مللى	—
الكبريتات (كب أ ٣) للتربة المبردة هوائياً (٪)	٠,١٧ – ٠,٤٢	أعلى من ٠,٤٢

ملحوظة : يستعمل الأسمنت ذو المقاومة العالية للكبريتات عندما تزيد نسبة الكبريتات بالماء عن ٤٠٠ مجم / لتر (كب أ ٣) عدا مياه البحر ، أو فى حالة زيادة الكبريتات عن ٠,٣٪ للتربة المجففة هوائياً والحدود المفتوحة لتواجد هذه الأملاح بالجدول التالى .

ثالث عشر : الغازات :

يمكن بالخبرة تقييم خطورة الغاز فى حالة تواجده بكثرة فى الوسط المحيط بالخرسانة ويمكن تحليله لمعرفة مكوناته والتعرف أيضاً على الغاز المتواجد بالخرسانة للمقارنة .

جدول تأثر الخرسانة بالتربة والمياه المحتوية على تركيزات مختلفة من الكبريتات

الكبريتات / درجة التأثير	التربة: الكبريتات القابلة للذوبان فى الماء (كب أ ٣) ٪	المياه الجوفية: الكبريتات فى المياه (كب أ ٣) جزء فى المليون
تأثير ضعيف	صفر – ٠,٠٨	صفر – ١٢٥
تأثير إيجابى	٠,٠٨ ٠,١٧	١٢٥ – ٨٠٠
تأثير محسوس	٠,١٧ – ٠,٤٢	٨٠٠ – ١٦٠٠
تأثير خطير	أكثر من ٠,٤٢	أكثر من ١٦٠٠

كبريتات مهاجمة للخرسانة .

جدول يبين تأثر الخرسانة بالكبريتات فى وجود الكلوريدات

مهاجمة المياه فى الظروف العادية / درجة المهاجمة	الكبريتات (كب أ ٣) الذائبة فى الماء		
	ما$^{+2}$ < ١٠٠ مجم / لتر ن يد$_4^+$ < ١٠٠ مجم / لتر		ما$^{+2}$ ≥ ١٠٠ مجم / لتر ن يد$_4^+$ ≥ ١٠٠ مجم / لتر
	كل – < ١٠٠٠ مجم	كل > ١٠٠٠ مجم/ لتر	
	مجم / لتر	مجم / لتر	مجم / لتر
عملياً ليس خطيراً	أقل من ١٥٠	أقل من ٢٠٠	أقل من ١٠٠
ضعيف المهاجمة	١٥٠ – ٣٠٠	٢٠٠ – ٣٥٠	١٠٠ – ١٥٠
متوسط المهاجمة	٣٠٠ – ٥٠٠	٣٥٠ – ٦٠٠	١٥٠ – ٣٠٠
عالى المهاجمة	٥٠٠ – ١٠٠٠	٦٠٠ – ١٢٥٠	٣٠٠ – ٥٠٠
خطير المهاجمة	أكثر من ١٠٠٠	أكبر من ١٢٥٠	أكبر من ٥٠٠

* ما$^{+2}$ = الماغنسيوم (أيون) .
* ن يد$_4^+$ = الأمونيا (أيون) .
* كل – = كلور (أيون) .

جدول يبين الاحتياطات اللازمة لحماية الخرسانة من الكبريتات المهاجمة

	الكبريتات على هيئة كب أ٣				خرسانة جيدة الرمل			
	التربة		المياه الجوفية	نوع الأسمنت	أقل محتوى الأسمنت أعلى حجم للركام المستعمل			نسبة
					٤٠م	٢٠م	١٠م	الماء / الأسمنت
	كب أ٣ الكلى ٪	كب أ٣ بمحلول ١ تربة : ٢ ماء جم / لتر	جزء / ١٠٠٠٠٠٠	أسمنت بورتلاندى عادى أو	كجم/ م٣ ٢٤٠	كجم/ م٣ ٢٨٠	كجم/ م٣ ٣٣٠	٠,٥٥
١	أقل من ٠,٢	—	أقل من ٣٠٠	أسمنت حديدى				
٢	٠,٢ — ٠,٥	—	٣٠٠ × ١٢٠٠	أسمنت بورتلاندى عادى أو أسمنت حديدى	٢٩٠	٣٣٠	٣٨٠	٠,٥٠
				أسمنت مقاوم للكبريتات	٢٤٠	٢٨٠	٣٣٠	٠,٥٥
٣	٠,٥ — ١	١,٩ — ٣,١	١٢٠٠ — ٢٥٠٠	أسمنت مقاوم للكبريتات	٢٩٠	٣٣٠	٣٨٠	٠,٥٠
٤	١ — ٢	٣,١ — ٥,٦	٢٥٠٠ — ٥٠٠٠	أسمنت مقاوم للكبريتات	٣٣٠	٣٧٠	٤٢٠	٠,٤٥
٥	أكثر من ٢	أكثر من ٥,٦	أكثر من ٥٠٠٠	مثل البند (٤) مع إضافة مادة خاملة تذوب فى الماء لتكوين طبقة حامية مثل الأسفلت أو بيتومين مستحلب .				

ملحوظة :

١) إذا زادت نسبة ثالث أكسيد الكبريت الذائبة بالحامض (الكبريتات الكلية) فى عينة التربة عن ٠,٥٪ يجب تعيين نسبة الكبريتات الذائبة فى الماء على هيئة ثالث أكسيد الكبريت حيث إن التربة الجبسية أو التربة المحتوية على عروق الجبس تحتوى على كبريتات لا تذوب فى الماء فى الظروف العادية وتعتبر غير ضارة إذا ما احتفظ الوسط بها دون تغيير يساعد على ذوبانها والذى يؤدى إلى زيادة نسبة ثالث أكسيد الكبريت إلى الحد الضار .

٢) يمكن التغاضى عن استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات فى خرسانة الأساسات الضحلة فى التربة الصحراوية — حيث تغيب المياه الأرضية عند الإنشاء مع احتمال تواجدها مستقبلاً — ولكن يلزم دهان أوجه الخرسانة المسلحة بوجهين على الأقل من البيتومين المؤكسد أو أى مادة عازلة مع زيادة سمك الغطاء الخرسانى حول حديد التسليح . كما يحدد الخرسانة العادية أسفل القواعد المسلحة باعتبار أن إجهادات التحميل تنتقل من القواعد المسلحة خلال القواعد العادية إلى التربة بمستويات تميل ٢ : ١ (٢ رأسى : ١ أفقى) .

٣) فى الأساسات الخازوقية تزاد نسبة الأسمنت فى الخرسانة عن الموضحة بالجدول بمقدار ٧٠ كجم للمتر المكعب .

حماية الأساسات من تأثير الكيماويات :

تعتبر الكبريتات التى توجد بالتربة والمياه الجوفية وكذلك الأحماض الموجودة فى التربة العضوية من أكثر الكيماويات الضارة بخرسانة الأساسات .

وكقاعدة عامة فإن الأساسات يمكن أن تقاوم التأثير الضار لهذه الكيماويات فى حالة ما إذا كانت الخرسانة المستخدمة فى الأساسات عالية الكثافة . وذات محتوى أسمنتى غنى . مع زيادة سمك الغطاء الخرسانى لحديد التسليح . ويوضح الجدول السابق التوصيات والاحتياطات الواجب مراعاتها فى تصميم الخلطات الخرسانية المسلحة للأساسات لمقاومة الكبريتات .

ولاستخدام هذا الجدول يجب الأخذ فى الاعتبار النقاط التالية:

١) يشترط أن يكون الأس الهيدروجينى (P.H) للمياه الجوفية بين ٦ ، ٩ وألا تكون التربة أو المياه الجوفية ملوثة بكبريتات غير طبيعية أملاح الأمونيوم على سبيل المثال .

٢) لا يوصى باستخدام الخرسانات المجهزة من الأسمنت البورتلاندى العادى فى الحالات الحامضية ($PH < 6$) ويمكن الحصول على خرسانة مقاومة للأحماض ذات التركيز الضعيف بزيادة كثافة الخرسانة وتقليل نفاذيتها إلا أنه يصعب الحصول

على خرسانة ذات مقاومة مناسبة للأحماض عالية التركيز وتعتبر مقاومة الأسمنت السوبر سلفات للأحماض ضعيفة التركيز أحسن من الأسمنت البورتلاندى العادى إلا أنه يجب الأخذ فى الاعتبار الحدود المقترحة من الجهة المصنعة لهذا النوع من الأسمنت .

٣) عند وجود قطاعات خرسانية رفيعة أو قطاعات معرضة لضغط هيدروستاتيكى على جانب واحد فقط . أو قطاعات مغمورة جزئياً فإنه يجب تخفيض نسبة مياه الخلط إلى الأسمنت أو زيادة كمية الأسمنت .

٤) على الرغم من أن أملاح الكلوريدات ليس لها تأثيراً ضارا مباشراً على الخرسانة مهما كان تركيزها إلا أن اختراق أملاح الكلوريدات للغطاء الخرسانى يساعد على صدأ حديد التسليح ولذلك يجب التأكيد على أهمية أن تكون الخرسانة كثيفة وسمك الغطاء الخرسانى من ٥ إلى ٧ سنتيمترات وذلك فى حالة زيادة كمية الكلوريدات عن ٣٠٠٠ جزء فى المليون مع استخدام غطاء عازل مثل الأسفلت أو البيتومين أو تغليف الأساس بمادة غير منفذة للمياه .

بعض أسباب فشل الأساسات الضحلة :

كثيراً ما يرجع السبب فى حدوث التصدعات أو انهيار المنشآت إلى تصدع أو فشل الأساسات . وفيما يلى بعض الأسباب التى تؤدى إلى فشل الأساسات الضحلة :

١) عدم القيام بدراسة الموقع أو إجراء استكشاف غير سليم للموقع من حيث عدد الجسات وأعماقها ونوع التثقيب المستخدم .

٢) التوصيف الخاطىء للتربة .

٣) عدم الدقة فى تحديد خواص التربة .

٤) التغير فى خواص التربة ومنسوب المياه الأرضية .

٥) عدم إجراء تحليل كيميائى للتربة والمياه الأرضية .

٦) الحفر لعمق يزيد عن أعماق الأساسات المنشآت المجاورة بدون عمل الدراسات والاحتياطات اللازمة .

٧) استخدام طريقة غير مناسبة لنزح المياه الأرضية .

٨) وجود مصدر لاهتزازات زائدة .

٩) عدم اتزان القوى الأفقية .

١٠) ضغط التحمل الزائد على التربة .

١١) الهبوط المتفاوت الزائد .

١٢) استخدام أنواع غير مناسبة من الأساسات .

١٣) تأسيس الأجزاء المختلفة لنفس المنشأ على طبقات مختلفة من التربة .

١٤) النحر .

١٥) انتفاش التربة عند انخفاض الحرارة إلى درجة التجمد .

١٦) وجود جذور الأشجار أو النباتات بالقرب من الأساسات .

١٧) التأسيس بطريقة غير مناسبة على تربة انهيارية أو تربة انتفاشية .

جـ - أحمال الزلازل التصميمية :

١ - مقدمة :

أ) هذا الفصل يقدم ضوابط تصميم المبانى المقاومة للزلازل .

ب) وضعت الضوابط المذكورة فى هذا البند بحيث تتجاوب المبانى مع الزلازل المعرضة لها طبقاً لشدة الزلازل ونوع المبنى بحيث تكون المبانى قادرة على قدر المستطاع أن تتجاوب مع هزات متوسطة الشدة بدون تصدع إنشائى وأن تتجاوب مع هزات ذات شدة عالية نسبياً بدون انهيار كامل .

جـ) تسبب الزلازل حركة عشوائية للأرض تنتج عنها عجلة أرضية يمكن تحليلها إلى ثلاثة مركبات اثنان منها أفقيتان والثالثة رأسية .

د) يفترض عند التصميم أن القوى الزلزالية الأفقية تؤثر فى اتجاه المحاور الرئيسية للمبنى فى كل اتجاه على حدة ولكن ليس فى الاتجاهين معاً فى نفس الوقت .

هـ) يراعى عند التصميم عدم أخذ أحمال الزلازل وأحمال الرياح معاً ويتم تصميم المبانى وعناصرها المختلفة على الأكبر تأثيراً منهما .

و) يكون معيار تصميم المبانى كالتالى :

١) تستخدم طريقة « الحمل الإستاتيكى المكافىء » المذكور (فى البند ٣ التالى) للمبانى التى لا تزيد ارتفاعها عن ٤٥ متراً ولها شكل منتظم وذات طراز إنشائى منتظم لمقاومة الأحمال .

٢) تستخدم طريقة « التجاوب الطيفى » المذكورة (فى البند ثانياً) للمبانى التى يتراوح ارتفاعها بين ٤٥ متراً ، ٧٥ متراً وذات طراز إنشائى منتظم لمقاومة الأحمال .

٣) تستخدم طريقة «التجاوب الديناميكى» المذكورة (فى البند ثالثاً) للمبانى التى يزيد ارتفاعها عن ٧٥ متراً للمبانى غير المنتظمة وكما هو موضح (فى البند ثالثاً) .

ز) يتكون الطراز الإنشائى المنتظم من بلاطات لا كمرية أو بلاطات بكمرات مع أعمدة وحوائط قص بحيث تمتد الأعمدة وحوائط القص باستمرارية حتى منسوب الأساسات .

٢ - الإجهادات المسموحة :

أ) عند تصميم المنشآت ضد الزلازل طبقاً لطريقة « إجهاد التشغيل » فإنه يمكن زيادة الإجهادات المسموحة للمواد

المستخدمة فى الإنشاء بمقدار ٣٣٪ وذلك عندما تؤخذ قوى الزلازل إلى جانب القوى التصميمية الناتجة من الأحمال الميتة والأحمال الحية .

ب) لا يسمح بأى زيادة فى إجهادات التلاصق بين حديد التسليح والخرسانة فى المنشآت الخرسانية المسلحة .

جـ) لا يسمح بزيادة الإجهادات المسموحة عند تصميم الوصلات ونقاط الاتصال والشكالات وأعضاء الاتزان للمنشآت المعدنية .

عند أخذ قوى الزلازل فى الاعتبار عند التصميم فيمكن زيادة إجهاد تحمل التربة بمقدار ٣٣٪ ولا يسمح بأى زيادة فى إجهاد تحمل التربة فى حالة الرمل السائب والطين الضعيف .

٣ – طريقة الحمل الإستاتيكى المكافىء :

تستخدم الأحمال التصميمية للزلازل والمبينة فى هذا البند لحساب قوى القص العرضية .

وقوى العزوم على المبانى ذات ارتفاع لا يزيد عن ٤٥ متراً بشرط أن يكون النظام الإنشائى المقاوم لتلك الأحمال منتظم فى المسقط الأفقى وبكامل ارتفاع المبنى .

كما يمكن استخدام الطريقة المبينة فى البندين ثانياً ، ثالثاً بدلاً من طريقة الحمل الإستاتيكى المكافىء على ألا تقل القوى العرضية المحسوبة طبقاً لهذه الطرق عن ٨٠٪ من القوى المحسوبة طبقاً لطريقة « الحمل الإستاتيكى المكافىء » .

أ – القوى العرضية التصميمية :

يتم تصميم المنشآت المذكورة فى (بند ٣) لتقاوم قوة زلزالية عرضية كلية (V) تؤثر فى اتجاه المحورين الرئيسين للمنشأ كل على حدة وتحسب هذه القوى من المعادلة التالية :

معادلة (١) $$V = Z.\ I.\ S.\ K.\ C.\ W$$

حيث :

Z معامل المنطقة الزلزالية : ويعتمد على المنطقة المزمع إقامة المنشأ بها وتؤخذ قيمة (Z) من الجدول التالى :

جدول يبين قيم معامل المنطقة الزلزالية (Z)

رقم المنطقة	المنطقة	Z
٣	شبه جزيرة سيناء والمحافظات الواقعة على طول البحر الأحمر والبحر المتوسط ومحافظات أسوان والفيوم والسويس والإسماعيلية .	٠,٤
٢	المحافظات الواقعة على طول وادى النيل فيما عدا ما ذكر عاليه .	٠,٢
١	باقى محافظات الجمهورية	٠,١

(I) هو معامل أهمية المبنى : ويعتمد على الاستخدام المتوقع له . وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالى .

جدول يبين قيم معامل أهمية المبنى (I)

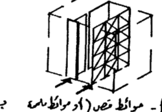
المنطقة	I
مبانى خاصة : المبانى التى يجب أن تكون آمنة وممكن استعمالها لأغراض الطوارىء بعد الزلازل مثل المستشفيات ومحطات الإطفاء وأقسام الشرطة وغرفة عمليات الكوارث والاتصالات ... إلخ	١,٥
مبانى عامة : المبانى المستخدمة بواسطة تجمعات كبيرة من الأشخاص مثل المدارس والمنشآت الرياضية ودور العرض السينمائى ودور العبادة .	١,٢٥
مبانى عادية : المبانى السكنية والفنادق والمبانى الإدارية والمطاعم والمنشآت الصناعية ... . إلخ	١,٠

(S) هو معامل التربة ويعتمد على نوع التربة التى يرتكز عليها المبنى ، وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالى .

جدول يبين قيم معامل التربة (S)

نوع التربة	نوع وعمق التربة	S
١	صخر ، تربة رملية كثيفة أو كثيفة جداً ، تربة طينية شديدة التماسك أو صلدة ذات عمق يزيد عن ١٥ متراً – تربة رملية متوسطة الكثافة ، تربة طينية متماسكة أو متوسطة التماسك ذات عمق أقل من ١٥ متراً .	١,٠
٢	تربة رملية متوسطة الكثافة ، تربة طينية متماسكة أو متوسطة التماسك ذات عمق أكبر من ١٥ متراً – تربة رملية سائبة إلى سائبة جداً ، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أقل من ١٥ متراً .	١,٣٠
٣	تربة رملية سائبة أو سائبة جداً ، تربة طينية ضعيفة أو ضعيفة جداً بعمق أكبر من ١٥ متراً .	١,٥٠

(K) هو معامل النظام الإنشائى للمبنى ويعتمد على نوعية وترتيب نظام مقاومة الأحمال الأفقية كما هو موضح بالشكل التالى وتؤخذ قيم هذا المعامل من الجدول التالى :



ب - المبنى يحتوى على الإطارات والكمرات تشارك فى مقاومة الأحمال العرضية

حـ - الإطارات مطولية مقاومة للعزوم



شكل يبين النظم الإنشائية لمقاومة الأحمال الأفقية

جدول يبين معامل النظام الإنشائى للمبنى (K)

النظام الإنشائى	K
مبانى ذات نظام الصندوق	١,٣٣
مبانى ذات نظام إنشائى يتكون من إطار فراغى ممطولى مقاوم للعزوم وحائط قص (أو إطار ملجم) مصممان بحيث : ١) الإطارات وحوائط القص (أو الإطارات الملجمة) تقاوم القوة العرضية الكلية طبقاً لصلاداتهم النسبية . ٢) حوائط القص (أو الإطارات الملجمة) عاملة دون اعتماد على الإطار الفراغى ، تقاوم القوة العرضية الكلية . ٣) الإطار الفراغى يقاوم ما لا يقل عن ٢٥٪ من القوة العرضية الكلية .	٠,٨٠
مبانى ذات إطار فراغى ممطولى مقاوم للعزوم مصمم ليقاوم القوة العرضية الكلية .	٠,٦٧
النظم الإطارية الأخرى	١,٠

(C) هو معامل المنشأ ويحدد من المعادلة التالية :

$$C = \frac{1}{15 (T)^{\frac{1}{2}}}$$ معادلة رقم (٢)

ولا تزيد قيمة (C) عن ٠,١٢ .

حيث (T) هى الفترة الأساسية للمبنى بالثانية ويمكن تعيينها باجراء اختبارات على مبانى مماثلة أو حسابها بأى من طرق التحليل الجذرية وكحل بديل يمكن تعيين (T) للمبانى متعددة الأدوار كما يلى :

أ) للمبانى ذات الإطار الفراغى المطولى المقاوم للعزوم المصممة لتقاوم القوة العرضية الكلية .

$$T = 0.1\ N$$ معادلة رقم (٣)

حيث (N) هو عدد الأدوار شاملة أدوار البدروم .

ب) للمبانى متعددة الأدوار من الأنواع الأخرى .

$$T = \frac{0.09\ H_m}{d^{\frac{1}{2}}}$$ معادلة رقم (٤)

حيث (H_m) هو الارتفاع الكلى للمبنى فوق القاعدة (بالمتر) و (d) هو أكبر بعد للمبنى فى المسقط الأفقى عند منسوب القاعدة (بالمتر) وفى اتجاه مواز للقوى الزلزالية .

(W) هو الوزن التصميمى للمنشأ ويتكون من الحمل الميت أعلا منسوب ظهر الأساسات شاملاً حمل القواطيع مضافاً إليه ٢٥٪ من الحمل الحى التصميمى عندما يكون الأخير أقل من ٥٠٠ كجم / م٢ أو ٥٠٪ عندما يكون أكبر من أو يساوى ٥٠٠ كجم / م٢ .

توزيع القوة العرضية :

يؤخذ تأثير الزلازل على المبانى كقوة إستاتيكية عرضية تؤثر عند منسوب بلاطة كل دور من الأدوار المبنى شاملة بلاط السطح وتحسب القوى العرضية طبقاً للمعادلة التالية :

$$F_j = \frac{W_j \cdot H_j}{\sum_{i=1}^{N} W_i H_i} (V - F_t)$$ معادلة رقم (٥)

حيث :

W_j : الوزن التصميمى للدور رقم (j) .

H_j : ارتفاع بلاطة الدور رقم (j) مقاس من منسوب ظهر الأساسات .

F_t : قوة إضافية تؤثر عند منسوب بلاطة السطح وتحسب من المعادلة التالية :

$$F_t = 0.07 T.V$$ معادلة رقم (٦)

ولا تزيد F_t عن ٢٥٪ من (V) وتؤخذ صفراً عندما تكون (T) أقل من أو تساوى ٠,٧ من الثانية .

ثانياً : طريقة طيف التجارب :

تستخدم أحوال الزلازل التصميمية المبينة فى هذا البند وطريقة توزيعها للمبانى ذات الارتفاع الأكبر من ٤٥ متراً وحتى ٧٥ متراً وذات طراز إنشائى منتظم لمقاومة الأحمال .

ويؤخذ تأثير الزلازل على المبانى المذكورة فى هذا البند كقوى إستاتيكية عرضية تؤثر عند منسوب بلاطة كل دور من أدوار المبنى وتحدد قيمها باستخدام الخواص الديناميكية للمنشأ كالفترة الطبيعية والمود (mode) الطبيعى والتى يتم تعيينها بطريقة التحليل المودى ويجب ألا تقل القوى العرضية المحسوبة طبقاً لهذا البند عن ٨٠٪ من قيمة القوى العرضية المحسوبة طبقاً للبند ٣ من أولاً .

١) المعامل الزلزالى التصميمى :

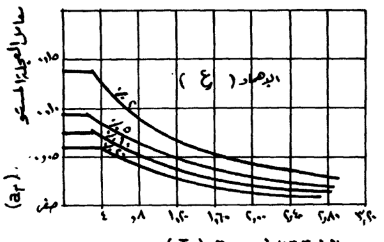
يستخدم معامل زلزالى C_r عند حساب أحمال الزلازل التصميمية طبقاً لما هو موضح فى هذا البند ويحسب من المعادلة التالية :

$$C_r = Z.\ I.\ S.\ a_r$$ معادلة رقم (٧)

حيث :

Z,I,S معاملات تحدد قيمتها (من البند أ من ٣ من أولا) .

a_r: معامل العجلة المتوسطة ويحدد من الشكل التالى طبقاً للفترة الطبيعية T والاهماد المودى (ع) للمود (r) للمنشأ



الفترة الطبيعية (T_r)

شكل يبين معامل العجلة المتوسطة بدلالة الفترة الطبيعية والإهماد المودى

وتحدد قيم T_r من تحليل الاهتزاز الحر للمبنى كما تعين قيم ع باستخدام إحدى الطرق التجريبية أو التحليلية المناسبة ويمكن الاستعانة بالجدول التالى لتحديد قيم ع التقديرية .

جدول يبين قيم المعامل ع

نوع المنشأ	المعامل ع (٪١)
حديدى ذو وصلات ملحومة أو من الخرسانة سابقة الإجهاد	٢ – ٣
من الخرسانة المسلحة	٣ – ٥
حديدى ذو وصلات البرشام أو ذو وصلات بمسامير القلاووظ	٥ – ٧

٢ – الأحمال المودية (Modal) للأدوار :

تحسب القوة F_j^r مؤثرة عند مستوى الدور j والناتجة عن مود (mode) الاهتزاز (r) من المعادلة التالية :

معادلة رقم (٨)

$$F_j^r = \alpha_r \, C_r \, \phi_j^r \, . \, wi$$

حيث :

$C_r . W_j$ = سبق تعريفها فى البندين رقمى (ب من ٢ من أولاً) و (١) من ثانياً .

ϕ_j^r = العنصر رقم(j) من متجه الشكل المودى (ϕ^r) وتعين بطريقة التحليل المودى .

α_r = عنصر المشاركة للمود (r) ويحدد من المعادلة التالية :

معادلة رقم (٩)

$$\alpha_r = \frac{\sum_{i=1}^{N} W_i \, . \, \phi_i^r}{\sum_{i=1}^{N} W_i \, . \, (\phi_i^r)^2}$$

٣ – قوى القص عند منسوب بلاطة الدور :

يمكن الحصول على قوة القص V_j المؤثرة عند منسوب بلاطة الدور j من المعادلة التالية :

معادلة رقم (١٠)

$$V_j = (1 - p) \, . \, [\sum_{r=1}^{N} V_j^r] + p\sqrt{\sum_{r=1}^{N} (V_j^r)^2}$$

حيث :

V_j^r = القيمة القصوى المطلقة لقوة القص أسفل بلاطة الدور j من المود (r) (mode) وتحدد بتجميع أحمال الدور للمود (F_j^r) (mode) (r) للأدوار (j) ما فوقها ، أى :

$$V_j^r = \sum_{i=j}^{N} F_i^r$$

P = معامل يعتمد على الارتفاع الكلى للمبنى كما هو معطى فى الجدول التالى .

جدول يبين قيم المعامل (P)

الارتفاع (H_m) (متر)	(P)
حتى ٢٠ متر	٠,٤
٤٠ متر	٠,٦
٦٠ متر	٠,٨
٧٥ متر	٠,٩

ثالثاً : طريقة التجاوب الديناميكى :

يتم التصميم ضد الزلازل طبقاً لطريقة التجاوب الديناميكى المبينة فى هذا البند للمبانى التالية :

أ) مبانى ذات ارتفاع أكبر من ٧٥ متراً .

ب) مبانى ذات ارتفاع أكبر من أو يساوى خمس مرات أقل من بعد للمبنى فى المسقط الأفقى .

جـ) مبانى ذات طراز غير منتظم لمقاومة الأحمال .

د) مبانى غير منتظمة الشكل .

هـ) مبانى ذات فروق كبيرة فى المقاومة العرضية للأدوار المتتالية .

و) مبانى ذات لا مركزية تصميمية تزيد عن ٢٥٪ من أكبر بعد للمبنى فى المسقط الأفقى عمودى على اتجاه القوى العرضية .

ز) مبانى ذات خواص إنشائية غير عادية أخرى .

ويمكن تحديد التجاوب الديناميكى للمنشأ نتيجة الحركة الأرضية وذلك بتكامل معادلات الحركة للمنشأ بالنسبة للزمن ويجب أن يشمل التحليل الديناميكى الخواص الديناميكية لكل من المنشأ والتربة الحاملة له .

رابعاً : الإزاحة العرضية :

يجب ألا تزيد الإزاحة العرضية النسبية بين دورين متتالين الناتجة عن قوى الزلازل عن ٠,٠٠٤ (أربعة فى الألف) من الفرق فى المنسوب بين هذين الدورين .

خامساً : اللّى :

يجب أن تكون الأعضاء المقاومة للقص فى المبانى قادرة على مقاومة عزوم لّى ناتجة من لا مركزية فى كل من الاتجاهين تحدد إما من اللامركزية المحسوبة بين مركزى الكتلة والجساءة مضافاً إليها ± ٥٪ من أكبر بعد للمبنى فى المسقط الأفقى عمودى على اتجاه القوى العرضية ، أو مرة ونصف اللامركزية المحسوبة أيهما أكبر .

سادساً : تأثير الزلازل على الأنواع المختلفة للأساسات :

يبين هذا الفصل تأثير الزلازل على الأساسات الضحلة والعميقة ويعطى توصيات للتقليل من هذا التأثير .

ينتج التأثير الأكبر للزلازل على الأساسات من المركبتين العرضيتين للعجلة الزلزالية وعادة ما يعمل تأثير المركبة الرأسية .

الأساسات الضحلة :

١) القواعد المنفصلة :

تسبب الحركة الاهتزازية الناتجة من الزلازل إزاحة أفقية نسبية بين القواعد مما يؤدى إلى زيادة الإجهادات فى قطاعات الأعمدة أسفل البلاطة الأولى للمبنى مباشرة .

وتنشأ الإزاحة الأفقية النسبية بين القواعد المنفصلة نتيجة انزلاقها وذلك لعدم كفاية مقاومة الاحتكاك للقواعد والمرتكزة على تربة رملية أو نتيجة للتشققات التى قد تحدث بين القواعد فى التربة الطينية المتماسكة .

ولتقليل هذا التأثير يجب أن تعمل القواعد معاً كوحدة جاسئة واحدة وذلك بتزويدها بعناصر إنشائية رابطة قادرة على أن تحمل قوة محورية تصميمية فى الضغط وفى الشد لا تقل عن ١٠٪ من الحمل الرأسى الأكبر من الأحمال المؤثرة على أى من القاعدتين التى يربطهما العنصر الرابط هذا ويوصى أن توضع تلك العناصر الرابطة فى مستوى القواعد المسلحة على أن يمتد حديد تسليحها إلى نهاية الأعمدة .

٢) الأساسات الشريطية :

يمكن أن تتعرض الأساسات الشريطية إلى إزاحة أفقية نسبية . وينتج عن الإزاحة الأفقية فى الاتجاه العمودى على محور الأساسات الشريطية زيادة فى الإجهادات على الأعمدة كما هو مذكور فى البند السابق .

ولذلك تربط الأساسات الشريطية المتوازية بواسطة عناصر ربط عرضية بين الأعمدة وتصمم هذه العناصر لتتحمل قوة محورية فى الضغط وفى الشد لا تقل عن ١٠٪ من الحمل الأكبر من الحمل الواقع على أى من العمودين .

وإذا ما كانت الأساسات الشريطية فى الاتجاهين فإن الأشرطة فى اتجاه تعمل كعناصر ربط للأشرطة فى الاتجاه الآخر .

الأساسات اللبشة :

لا يظهر تأثير الزلازل المذكورة فى البندين السابقين على الأساسات من نوع اللبشة المسلحة ويكون التأثير الرئيسى على

المبانى ذات الأساسات الضحلة من هذا النوع غير المزود بيدروم عميق هو الانقلاب والرفع الناتج من قوى عزم القصور الذاتى العرضية .

ويوصى فى هذه الحالة أن يكون الوزن الذاتى للمنشأ كافياً للاتزان المطلوب ضد الانقلاب والرفع وقد يلزم الأمر زيادة وزن الأساسات أو إضافة ردم فوق الأساسات لتحقيق درجة الاتزان المطلوبة .

الأساسات العميقة :

عند استخدام الأساسات العميقة من نوع الخوازيق فإنه لا يظهر تأثير الزلازل من حيث الانقلاب أو الرفع الناتجين من قوى عزم القصور الذاتى العرضية . ولكن يجب فى هذه الحالة مراعاة تصميم الخوازيق لتتحمل قوى القص الناشئة من الأحمال التصميمية للزلازل .

وتعامل الهامات المنفصلة معاملة القواعد المنفصلة من حيث وجوب تربيطها مع بعضها بعناصر إنشائية رابطة . وإذا ما كانت الأساسات لبشة مسلحة على الخوازيق فإن خواص المنشأ الديناميكية وتجاوبه الديناميكى مع الزلازل تتأثر بخواص طبقات التربة العليا ذات القابلية العالية للانضغاط . ويوصى فى هذه الحالة بإجراء تحليل ديناميكى مفصل يشمل تفاعل المنشأ مع التربة أسفله .

سابعاً : تسيل التربة :

١ – مقدمة :

أثبتت دراسة حالات عديدة من فشل وانهيار المنشآت أثناء الزلازل أن السبب فى ذلك يرجع إلى الهبوط والهبوط غير المتماثل بدرجة كبيرة نتيجة انفعالات قص غير مقبولة فى تربة الأساس ففى حالة التربة الرملية المشبعة السائبة أو متوسطة الدمك يمكن أن تؤدى الهزات الأرضية إلى تناقص فى مقاومة القص وزيادة فى تشكل هذه التربة لدرجة حدوث كوارث انهيارات المنشآت المؤسسة عليها . وتعزى هذه الانهيارات إلى ظاهرة التسيل حيث تفقد التربة غير المتماسكة مقاومتها أثناء حدوث الزلازل وما يصاحب ذلك من تحركات كبيرة لكتل التربة . أو هبوط وميل المبانى ذات الأحمال الخفيفة نسبياً أو الحركات الجانبية لدعامات الكبارى أو فشل السدود والمنشآت المائية .

٢ – أسباب تسيل التربة :

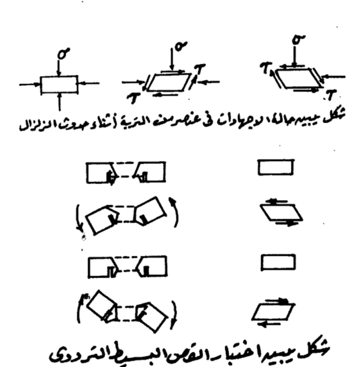
عندما تتعرض التربة غير المتماسكة المشبعة لهزات أرضية أثناء حدوث الزلازل فإنه قد يحدث بها تضاؤل فى الحجم ويحدث هذا التضاؤل الحجمى فى فترة زمنية قصيرة مما يسبب زيادة فى ضغط الماء داخل الفراغات البينية للتربة . ومع استمرار الاهتزاز يتزايد مقدار هذا الضغط داخل الفراغات حتى يصل إلى الحد الذى يصبح عنده الضغط داخل الفراغات مساوياً للضغط الفعال الناتج عن أوزان التربة . وعند هذه المرحلة يفقد الرمل مقاومته لإجهادات القص تماماً ويتحول إلى معلق لا يمكنه تحمل أى حمل أو المحافظة على أى ميل .

٣ – مبدأ النسبة الحرجة للفراغات :

تعرف النسبة الحرجة للفراغات بأنها النسبة التى لا يحدث معها أى تغيير حجمى للتربة أثناء القص ويجب استعمال هذه النسبة لأغراض التقييم المبدئى لقابلية التربة الرملية للتسيل حيث إن سلوك التربة تحت تأثير الأحمال المترددة يختلف اختلافاً كبيراً عن سلوكها تحت تأثير الأحمال الإستاتيكية (والتى يتم منها تعيين نسبة الفراغات الحرجة) ويجب أخذ عوامل كثيرة فى الاعتبار عند دراسة الظروف التى تؤدى إلى التسيل مثل قيمة الإجهاد المتردد ومدة تأثيره وحالة الإجهادات الابتدائية للتربة قبل تأثير الإجهادات المترددة .

٤ – سلوك التربة الرملية المشبعة تحت تأثير الأحمال المترددة .

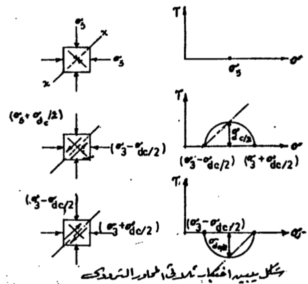
يمكن تمثيل حالة الإجهادات التى يتعرض لها عنصر من التربة أثناء حدوث زلزال بطريقة معملية عن طريق استخدام اختبار القص البسيط الترددى أو اختبار ثلاثى المحاور الترددى وتوضح الأشكال التالية حالات الإجهادات الواقعة على عينة التربة فى كلا الاختبارين كما تبين هذه الأشكال بعض النتائج النمطية لتزايد ضغط الماء داخل الفراغات والذى يؤدى إلى حدوث التسيل بعد بضع دورات من التحمل .



شكل يبين حالات الإجهادات فى عنصر من التربة أثناء حدوث الزلزال

شكل يبين اختبار القص البسيط الترددى

شكل يبين نتائج نمطية لاختبار القص البسيط على رمل مشبع



شكل يبين اختبار ثلاثى المحاور الترددى

شكل يبين نتائج نمطية لاختبار ثلاثى المحاور الترددى على رمل مشبع

٥ – العوامل المؤثرة على تسيل التربة :

يتأثر تسيل التربة بالعوامل التالية :

أ) نوع التربة .

ب) قيم ومدة تأثير الإجهاد المتردد .

جـ) الكثافة الابتدائية .

د) حالة الإجهادات الابتدائية بالموقع .

ويمكن التعبير عن نوع التربة غير المتماسكة عن طريق التوزيع الحبيبى وتوجد أدلة حقلية كافية بأن المواد ذات التوزيع الحبيبى المتجانسة لها قابلية أكبر للتسيل من المواد جيدة التدرج . كذلك فإن فرصة حدوث التسيل للتربة ذات التصرف الكبير نسبياً مثل الرمل الخشن والرمل الزلطى والزلط أقل منها فى حالة الرمل الناعم والرمل الطمبى .

كذلك فإن خصائص الحركة الأرضية أثناء الزلزال تتحكم فى قيمة الانفعالات المتولدة التى تسبب التسيل ، فلنفس العجلة المتولدة يتسبب الزلزال الأكبر مقداراً فى زيادة حدوث الانهيارات نظراً لزيادة عدد دورات الانفعال المصاحبة له .

أما فيما يخص كثافة التربة فإن الرمل الكثيف يكون أقل عرضة للتسيل عن الرمل السائب . كذلك فإن زيادة الضغط الابتدائى المحاط المؤثر على التربة يؤدى إلى تقليل فرصة حدوث التسيل (مثل حالة الأعماق الكبيرة من التربة أو حالة منسوب مياه جوفى منخفض) ولم تسجل حالات التسيل على أعماق تزيد عن ٢٠ متراً أسفل سطح الأرض .

كذلك فإن قابلية التسيل تتأثر بإجهادات القص الابتدائية للتربة حيث تقل فرصة حدوث التسيل بزيادة نسبة إجهاد القص الابتدائى إلى الضغط المحاط (مثل حالة تربة قريبة من انحدار) .

٦ – تقدير قابلية التسيل :

يمكن حساب إجهاد القص الأقصى الناجم عن زلزال تصميمى باستعمال المعادلة التالية وذلك عند أى عمق من التربة .

معادلة رقم (١٢)

$$\tau_{max} = \sigma_o \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot rd$$

حيث :

σ_o = الإجهاد الكلى عند نقطة معينة نتيجة أوزان التربة فوقها .

a_{max} = العجلة القصوى عند سطح الأرض .

g = عجلة الجاذبية .

rd = معامل تقليل يتغير خطياً تقريباً من قيمة تساوى ١,٠ عند سطح الأرض إلى قيمة تساوى ٠,٨ عند عمق ١٥,٠٠ متر من سطح الأرض .

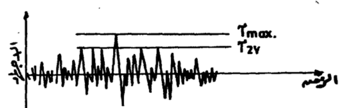
ويمكن تقريب الإجهاد المتوسط المكافىء الناجم عن الزلزال ليكون مساوياً ٦٥٪ من إجهاد القص الأقصى كما هو موضح بالشكل التالى وعلى ذلك يكون :

معادلة رقم (١٣)

$$\tau_{av} = 0.65 \cdot \frac{a_{max}}{g} \cdot \sigma_o \cdot rd$$

حيث

τ_{av} إجهاد القص المتوسط المكافىء .



شكل يبين إجهادات القص خلال فترة حدوث الزلزال

ولتقييم حالة الإجهادات المطلوبة لإحداث التسيل يمكن استعمال تجربة ثلاثى المحاور الترددى وفى هذه الحالة تستخدم العلاقة التالية لإيجاد حالة الإجهادات الحقلية التى تسبب التسيل .

معادلة رقم (١٤)

$$\left(\frac{\tau}{\bar{\sigma}_o}\right)_{Field} = C_r \left(\frac{\sigma_{dc}}{2\,\sigma_3}\right)_{triaxial}$$

حيث :

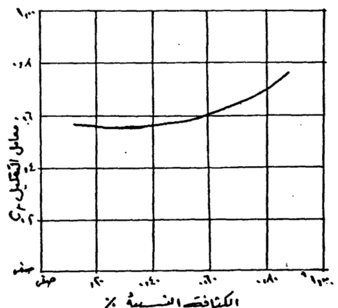
$\bar{\sigma}_o$ = الإجهاد الفعال الناتج عن أوزان التربة .

τ = إجهاد القص المناظر الذى يسبب التسيل فى عدد من الدورات مقداره (N_{sc}) .

σ_{dc} = فرق الإجهادات المترددة فى تجربة ثلاثى المحاور .

σ_3 = الضغط الجانبى المتوسط فى تجربة ثلاثى المحاور .

C_r = معامل تقليل فى حدود ٠,٦ كما فى الشكل التالى .



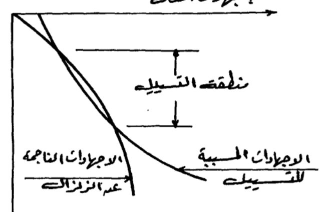
شكل يبين معامل التقليل بدلالة الكثافة النسبية

ويمكن أخذ عدد الاهتزازات ذات الأثر (N_{sc}) لمقادير مختلفة من الزلازل من الجدول التالى :

جدول يبين عدد الاهتزازات ذات الأثر (N_{sc}) لمقادير مختلفة من الزلازل

مقدار الزلزال	عدد الاهتزازات ذات الأثر
٧,٠	١٠
٧,٥	٢٠
٨,٠	٣٠

وبمقارنة إجهادات القص الناتجة عن الزلزال معادلة (١٣) بتلك المطلوبة لإحداث التسيل معادلة (١٤) فإنه يمكن إيجاد منطقة فى خلال ترسيب التربة حيث يتوقع حدوث التسيل لها كما فى الشكل التالى :



شكل يبين الطريقة العامة لتقدير قابلية التسيل

٧ - تقدير قابلية التسيل بمعلومية مقاومة الاختراق :

يمكن تقدير قابلية التسيل اعتماداً على خصائص المقاومة الحقلية للتربة مثل القياسات التى يمكن أن يتم الحصول عليها باستخدام تجربة الاختراق القياسى . ويمكن تلخيص هذه الطريقة كما يلى :

أ) يتم حساب نسبة الإجهادات المتولدة بالموقع خلال زلزال تصميمى (R_i) .

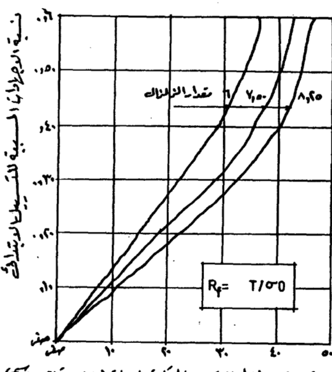
$$R_i = \frac{\tau_{av}}{\bar{\sigma}_o} \qquad \text{معادلة رقم (١٥)}$$

حيث :

τ_{av} = إجهاد القص المتوسط المكافىء الناجم عن الزلزال (معادلة رقم ١٣) .

$\bar{\sigma}_o$ = الإجهاد المؤثر الناتج عن أوزان التربة الواقعة أعلا الطبقة الرملية التى يتم دراستها .

ب) تقدر نسبة الإجهادات (R_f) اللازمة لإحداث التسيل وذلك بمعلومية مقدار الزلزال وعدد الدقات من تجربة الاختراق القياسى الحقلية (N) وذلك باستعمال الشكل التالى ويجب ملاحظة أن قيم عدد الدقات (N) يجب أن يصحح طبقاً لما جاء بكود دراسة الموقع .



شكل يبين العلاقة بين نسبة الإجهادات المسببة لحدوث التسييل ومقاومة الاختراق القياسى الحقلية المعدلة

جـ) يحسب معامل مقاومة التسيل (F_L) لكل طبقة كما يلى :

$$F_L = \frac{R_f}{R_i}$$ (معادلة رقم ١٦)

ويمكن الحكم على طبقات التربة التى لها معامل مقاومة تسيل أقل من ١,٠ بأنها قابلة للتسيل أثناء الزلازل وعند تطبيق طريقة التصميم الخاصة بمقاومة الزلازل فإن ثوابت التربة لهذه الطبقات يجب أن تضرب فى معامل تقليل (D_E) كما هو موضح بالجدول التالى .

جدول يبين معامل التقليل (D_E) لثوابت التربة طبقاً لقيم معامل مقاومة التسيل (F_L)

معامل مقاومة التسيل F_L	معامل التقليل (D_E)
٠,٦ ≥ F_L	صفر
٠,٨ ≥ F_L > ٠,٦	٠,٣٣
١,٠ ≥ F_L > ٠,٨	٠,٦٦
١,٠ < F_L	١,٠

ثامناً : الترجح :

يبين هذا الفصل تأثير الترجح الناشىء عن الحركة العرضية نتيجة الزلازل والذى يؤثر على الاستقرار العام للمنشأ ويغير من الإجهادات الواقعة على الأعمدة والأساسات وخاصة الطرفية منها . يكون تأثير الترجح مهماً بصفة خاصة فى حالة المنشآت التى يكون نسبة ارتفاعها إلى عرضها كبيرة وكذلك فى حالة الأجسام غير المثبتة ومنها ما يلى على سبيل المثال :

أ) المنشآت الإطارية العالية ذات العدد القليل من البواكى .

ب) المداخن ذات الارتفاعات الكبيرة وما شابهها .

جـ) الأجسام الجاسئة المرتكزة على سطح الأرض بدون تثبيت كالقطع الأثرية والأجهزة الحساسة والكبائن .

وفى الحالتين أ ، ب يجب حساب الترجح بدقة وذلك عن طريق التحليل الديناميكى للحركة الترجحية وهذا التحليل يجب أن يأخذ فى الاعتبار العوامل التالية :

١) الطبيعة غير الخطية للتصرف الترجحى حيث تتغير نقط ارتكاز المنشأ على الأرض نتيجة الترجح .

٢) التمثيل الدقيق للاتصال بين الأساسات والتربة الحاملة .

٣) الارتطام الذى يحدث بين القواعد المرفوعة والتربة الحاملة وما يتسبب عنه من آثار موضعية كالزيادة الكبيرة فى الإجهادات وآثار عامة كإخماد الحركة الترجحية .

٤) مرونة المنشأ والأساسات .

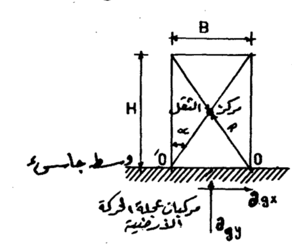
وفى الحالة (جـ) يمكن استخدام الطريقة التقريبية لحساب تأثير الترجح والمذكورة فى الطريقة التقريبية لحساب تأثير الترجح فى مراحل التصميم كما يمكن استخدام هذه الطريقة التقريبية لأغراض التصميم المبدئى فى الحالة أ ، ب .

الطريقة التقريبية لحساب تأثير الترجح :

١ – بدء الترجح :

لحساب القيمة الحرجة للعجلة الأفقية (a_c) والتى تسبب بدء حدوث الحركة الترجحية فإنه يمكن تمثيل المنشأ كجسم

جاسيء عرضه (B) وارتفاعه (H) مرتكز على وسط جاسيء كما هو مبين فى الشكل التالى عند تعرض المنشأ للعجلتين الأفقية (a_{gx}) والرأسية (a_{gy}) والناتجة عن الزلازل فى المنطقة التى يقع بها المنشأ فإنه يمكن حدوث الترجح فى حالة ما إذا كان :



معادلة رقم (١٧) $a_{gx} \geq a_c$

معادلة رقم (١٨) $a_c = \frac{B}{H} \left(1 - \frac{a_{gy}}{g}\right)$

حيث :

g = عجلة الجاذبية الأرضية .

وتؤخذ قيم (a_{gy} ، a_{gx}) كأقصى قيمة لعجلة الزلزال الأفقية والرأسية فى المنطقة التى يقع بها المنشأ .

٢) معيار الانقلاب :

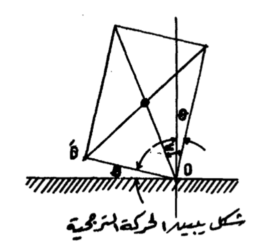
إذا وجد أن المركبة الأفقية لعجلة الزلزال المعرض لها الجسم أكبر من العجلة الحرجة للترجح المعطاه فى المعادلة رقم (١٨) فإنه يجب دراسة الاستقرار العام للجسم المترجح والتأكد من عدم انقلابه .

ويكون الجسم المترجح معرضاً للانقلاب بنسبة احتمالية قدرها ٥٠٪ على الأقل فى حالة ما إذا كان :

معادلة رقم (١٩) $\propto \leq 0.87\, S_V / \sqrt{g \cdot R}$

حيث :

∝ = الزاوية بالتقدير الدائرى بين الحافة الجانبية للجسم والخط الواصل بين مركز الثقل ونقطة الارتكاز كما هو موضح فى الشكل التالى :



R = طول الخط الواصل بين مركز ثقل الجسم ونقطة الارتكاز .

S_V = سرعة التجاوب الطيفية المستنتجة من منحنى التجاوب الطيفى المناسب للموقع .

وبصفة عامة فإن احتمالات انقلاب الجسم نتيجة الترجح تزداد بزيادة شدة الزلزال وزيادة نسبة النحافة ونقص حجم الجسم .

توصيات عامة :

أ) يصاحب حدوث الحركة الترجحية للمبانى رفع بعض القواعد الطرفية مما يؤدى إلى زيادة الحمل على الأساسات فى الطرف المقابل . وبصفة عامة فإنه يصعب تحديد الأساسات الطرفية المتأثرة بزيادة الحمل وقيمة هذه الزيادة . وللتغلب على هذه الصعوبات يمكن عمل تحليل ديناميكى متقدم أو إجراء دراسة معملية على نموذج مماثل .

ب) قد يؤدى تكرار وارتطام القواعد مع التربة تحت الأساسات إلى حدوث انهيار فى التربة إذا كانت حساسة للأحمال المتكررة أو التسيل ولهذا يوصى بدمك التربة الحاملة دمكاً جيداً وخفض منسوب المياه الأرضية أو بمنع حدوث رفع القواعد بزيادة عمق التأسيس بالقدر الكافى أو باستخدام الأساسات الخازوقية .

تاسعاً : الحوائط الساندة :

الضغط الجانبى للتربة .

يتم حساب الضغط الجانبى للتربة على الحائط الساند أثناء الاهتزازات الأرضية لحالتى الضغط الفعال والمقاوم على الترتيب كما هو موضح فيما يلى :

١) الضغط الفعال للتربة :

يوضح الشكل التالى الحالة العامة التى يقابلها المصمم للحوائط الساندة تحت تأثير الضغط الفعال .

تحسب قيمة الحمل الكلى الناتج عن الضغط الجانبى الفعال للتربة على الحائط من المعادلة الآتية :

$$P_{as} = \frac{1}{2}\gamma h^2 K_{as}$$

حيث :

P_{as} = الحمل الكلى الناتج عن الضغط الفعال للتربة لكل متر طولى من الحائط .

γ = وزن وحدة الحجوم من التربة .

h = ارتفاع الأتربة خلف الحوائط .

K_{as} = معامل الضغط الجانبى الفعال للتربة تحت التأثير السيزمى ويحسب من المعادلة التالية :

الحوائط الساندة تحت تأثير الضغط الفعال

$$K_{as} = \frac{(1 \pm C_V)\cos^2(\phi - \lambda - \alpha)}{\cos\lambda \cdot \cos^2\alpha \cdot \cos(\delta - \lambda + \alpha)} \left\{ \frac{1}{1 + \left[\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - i - \lambda)}{\cos(\alpha - i)\cos(\delta + \alpha + \lambda)}\right]^{\frac{1}{2}}} \right\}^2$$

معادلة رقم (٢١)

حيث :

C_v = المعامل السيزمى فى الاتجاه الرأسى . ويؤخذ تأثيره فى نفس الاتجاه . (الأسفل أو الأعلى) خلال تحليل اتزان الحائط ، وتؤخذ قيمته تساوى نصف قيمة المعامل السيزمى فى الاتجاه الأفقى C_h والذى يحدد كما هو مبين بالبند أولاً .

ϕ = زاوية الاحتكاك الداخلى للتربة .

λ = معامل يعتمد على المعاملين السيزمين c_h ، c_v ويحسب من المعادلة الآتية :

$$\lambda = \tan^{-1}\frac{c_h}{1 \pm C_v}$$

معادلة رقم (٢٢)

حيث :

α = زاوية ميل ظهر الحائط مع الرأسى .

i = زاوية ميل سطح الأرض مع الأفقى .

δ = زاوية الاحتكاك بين التربة والحائط .

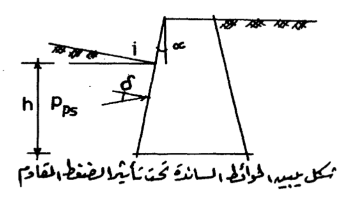
c_h = المعامل السيزمى فى الاتجاه الأفقى . ويلاحظ أن قيمة P_{as} المحسوبة باستخدام المعادلات السابقة تعتمد على إشارة المعامل (c_v) والقيمة الأكبر منهما هى التى تؤخذ فى الاعتبار عند التصميم .

من القيمة المحسوبة للحمل الكلى كما سبق ، يمكن طرح قيمة الحمل الناتج عن ضغط التربة الجانبى الفعال فى الحالة الإستاتيكية (بدون التأثيرات السيزمية) وذلك بوضع $c_h = c_v = \lambda =$ صفر فى المعادلة السابقة رقم (٢١) ويكون ناتج الطرح هو مقدار الزيادة الديناميكية (أو الزيادة الناتجة عن التأثيرات السيزمية) .

يؤخذ موضع تأثير الحمل الإستاتيكى على ارتفاع $h/3$ من قاعدة الحائط . أما الزيادة الديناميكية فيؤخذ موضع تأثيرها فى منتصف ارتفاع الحائط . وعلى ذلك يمكن تحديد نقطة تأثير الحمل الكلى P_{as} الموضح بالشكل السابق .

٢ - الضغط المقاوم للتربة :

يوضح الشكل التالى الحالة العامة التى يقابلها المصمم للحوائط الساندة تحت تأثير الضغط المقاوم .



شكل يبين الحوائط الساندة تحت تأثير الضغط المقاوم

تحسب قيمة الحمل الكلى الناتج عن الضغط الجانبى المقاوم للتربة على الحائط من المعادلة الآتية :

$$P_{ps} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{ps}$$ معادلة رقم (٢٣)

حيث :

P_{ps} = الحمل الكلى الناتج عن الضغط المقاوم للتربة لكل متر طولى من الحائط .

K_{ps} = معامل الضغط الجانبى المقاوم للتربة تحت التأثير السيزمى ويحسب من المعادلة التالية :

$$K_{ps} = \frac{(1 \pm C_V) \cos^2 (\phi - \lambda + \alpha)}{\cos \lambda \, . \cos^2 \alpha \, . \cos (\delta - \lambda - \alpha)} \left\{ \frac{1}{1 - \left[\dfrac{\sin (\phi + \delta) \sin (\phi + i - \lambda)}{\cos (\alpha - i) \cos (\delta + \alpha + \lambda)} \right]^{\frac{1}{2}}} \right\}^2$$ معادلة رقم (٢٤)

ويلاحظ أن قيمة P_{ps} المحسوبة باستخدام المعادلات السابقة تعتمد على إشارة المعامل c_v والقيمة الأصغر منهما هى التى تؤخذ فى الاعتبار عند التصميم .

ويمكن حساب قيمة الحمل الناتج عن ضغط التربة الجانبى المقاوم فى الحالة الإستاتيكية (بدون التأثيرات السيزمية) وذلك بوضع $c_h = c_v = \lambda$ = صفر فى المعادلة رقم ٢٤ ثم تطرح من هذا الحمل قيمة الحمل الكلى المقاوم المحسوب من المعادلة رقم ٢٣ وناتج الطرح يكون هو مقدار النقص الديناميكى (أو النقص الناتج عن التأثيرات السيزمية) .

يؤخذ موضع تأثير الحمل الإستاتيكى المقاوم على ارتفاع h/3 من قاعدة الحائط . أما النقص الديناميكى فيؤخذ موضع تأثيره على ارتفاع 2h/3 من قاعدة الحائط .

٣ – الضغط الفعال نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض :

يمكن حساب المقدار الكلى (الإستاتيكى والسيزمى) للضغط الفعال على الحائط الساند نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بكثافة (q) لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة كما يلى :

$$(P_{as})_q = \left[\frac{q \, h \cos \alpha}{\cos (\alpha - i)} \right] . K_{as}$$ معادلة رقم (٢٥)

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير السيزمى فقط بطرح الجزء الإستاتيكى من الحمل الكلى المحسوب من المعادلة السابقة . ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرت السيزمية على ارتفاع 2h/3 من قاعدة الحائط بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الإستاتيكى فى منتصف الارتفاع (h) .

٤ – الضغط المقاوم نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض :

يمكن حساب المقدار الكلى (الإستاتيكى والسيزمى) للضغط المقاوم على الحائط الساند نتيجة لحمل موزع على سطح الأرض بكثافة q لوحدة المساحات من السطح المائل للتربة كما يلى :

$$(P_{ps})_q = \left[\frac{q \, h \cos \alpha}{\cos (\alpha - i)} \right] K_{ps}$$ معادلة رقم (٢٦)

ويمكن حساب قيمة الجزء الخاص بالتأثير السيزمى بطرح الحمل الكلى المحسوب من المعادلة السابقة من الجزء الإستاتيكى . ويؤخذ موضع تأثير الجزء الخاص بالتأثيرات السيزمية على ارتفاع 2h/3 من قاعدة الحائط بينما يؤخذ موضع تأثير الجزء الإستاتيكى فى منتصف الارتفاع (h) .

عاشراً : تأثير التشبع على الضغط الجانبى للتربة :

أ) فى حالة تشبع التربة خلف الحائط بالماء تستخدم وزن وحدة الحجوم للتربة المشبعة فى المعادلات المذكورة .

ب) إذا كانت التربة خلف الحائط مغمورة تماماً تحت الماء فيمكن حساب الزيادة فى الضغط الفعال (أو النقص فى الضغط المقاوم) نتيجة للتأثيرات السيزمية باستخدام المعادلات المذكورة فى البندين (١ ، ٢ من تاسعاً) مع إدخال التعديلات الآتية :

١) تؤخذ قيمة δ بنصف القيمة التى تؤخذ فى حالة التربة الجافة .

٢) تحسب قيمة λ من المعادلة التالية :

$$\lambda = \tan^{-1} \left(\frac{\gamma_s}{\gamma_s - \gamma_w} . \frac{c_h}{1 \pm C_v} \right)$$

حيث :

γ_s = وزن وحدة الحجوم للتربة .

γ_w = وزن وحدة الحجوم للماء .

c_h ، c_v = كما تم تعريفها فى البند ١ من تاسعاً .

٣) تستخدم وحدة الحجوم للتربة المغمورة فى المعادلتين ٢٠ ، ٢٣ .

٤) الفرق بين القيم المحسوبة كما هو مبين أعلاه والقيم المحسوبة للحالة الإستاتيكية (بوضع $c_h = c_v = \lambda =$ صفر وباستخدام وزن وحدة الحجوم المغمورة) هو الزيادة أو النقص نتيجة للتأثيرات السيزمية .

جـ) لا يؤخذ الضغط الهيدروديناميكى المتولد فى المياه داخل التربة بشكل منفصل حيث إن هذا العامل قد تم أخذه فى الاعتبار بشكل غير مباشر .

٢) حالة الانغمار الجزئى للتربة خلف الحائط .

تتوقف الزيادة الديناميكية فى حالة الانغمار الجزئى على ارتفاع المياه خلف الحائط . ويمكن حساب توزيع الضغط الناتج عن الزيادة الديناميكية فى الضغط الفعال كحاصل ضرب قيمة الضغط الرأسى الفعال عند العمق المطلوب فى المعامل المناظر إليه كما هو موضح بالشكل التالى ويمكن استخدام مماثلة لحساب توزيع النقص الديناميكى فى حالة الضغط المقاوم .

$3(K_{as}-K_a)$

$3(K'_{as}-K'_a)\,h'/h$

h ، h'

Kas تحسب كما هو مبين بالبند (١ سابقاً) للتربة التى تعلو منسوب المياه

K'a تحسب كما هو مبين بالبند (ثامناً)

Ka قيمة Kas بعد وضع $\lambda = c_v = c_h =$ صفر

K'a قيمة K'as بعد وضع $\lambda = c_v = c_h =$ صفر

٣) التأثير الهيدروديناميكى لمياه موجودة أمام الحائط الساند :

فى الحوائط المستخدمة كمنشآت مائية (مثل أرصفة الموانى وما شابهها) يمكن أخذ التأثير الهيدروديناميكى للمياه أمام الحائط فى الاعتبار .

٤) الثبات الكلى للحائط :

عند مراجعة اتزان الحائط بالنسبة للانزلاق والانقلاب وضغط الارتكاز على التربة أسفلها تحت تأثير الزلازل يجب أخذ الملاحظات الآتية فى الاعتبار :

١) يحسب تأثير وزن الحائط نتيجة للمركبات الرأسية أو الأفقية للزلازل على أساس أنها حاصل ضرب هذا الوزن فى المعامل السيزمى الرأسى الأفقى c_v ، c_h على الترتيب .

٢) لا يقل معامل الأمان من الانزلاق عن ١,٢ .

٣) مقدار اللامركزية بين محصلة القوى المؤثرة على الحائط (بما فيها تأثير الزلازل ومركز قاعدة الحائط) لا تزيد قيمته عن $\frac{٣}{٨}$ عرض قاعدة الحائط .

٤) لا يزيد ضغط الارتكاز على التربة أسفل الحائط عن الحدود المسموحة .

الحادى عشر : ثبات السدود الترابية والجسور :

١ – عام :

يمكن أن تتسبب الزلازل فى حركات وانهيارات خطيرة للميول الطبيعية أو الجسور أو السدود الترابية ، وقد ينتج الانهيار من ازدياد فى إجهادات القص أو تناقص فى مقاومة القص نتيجة الأحمال الناتجة عن الزلازل . فالعديد من أنواع التربة يحدث له نقص كبير فى المقاومة نتيجة للتحميل المتكرر . وعلى سبيل المثال فالرمل ذو الكثافة القليلة أو المتوسطة والمغمور بالماء يكون عرضة للتسيل . وهى حالة يمكن أن تفقد فيها التربة مقاومتها بالكامل . كذلك فإن التربة الطينية شديدة الحساسية يمكن أن يحدث لها نقص كبير فى مقاومة القص نتيجة للتحميل الديناميكى . ومن الناحية الأخرى فإن الجسور التى تنشأ من تربة طينية أو تربة غير متماسكة ولكن جيدة الدمك يمكن أن تقاوم الزلازل القوية بكفاءة .

٢ – انهيار السدود الترابية :

يمكن أن ينهار السد الترابى نتيجة للزلازل بواحدة أو أكثر من الطرق الآتية :

١) انشطار فى جسم السد نتيجة لحركة فالق رئيسى فى الأساسات .

٢) فقدان الارتفاع الحر فوق المياه نتيجة لفرق الهبوط الناتج عن الحركات الأرضية السفلية .

٣) فقدان الارتفاع الحر فوق المياه نتيجة لانهيار الميول بجسم السد أو نتيجة لتضاغط التربة .

٤) انهيار المفيض (spillway) أو مخارج المياه بالسد .

٥) انهيار أنبوبى نتيجة لسريان المياه داخل الشقوق الناتجة عن الحركة الأرضية .

٦) ارتفاع المياه وغمرها لقمة السد نتيجة لسقوط كتل ترابية أو صخرية فى الخزان .

٧) ارتفاع المياه وغمرها لقمة السد نتيجة لارتفاع سطح المياه بتأثير الهزة الأرضية .

٨) انهيار فى جسم الميل نتيجة للحركة الأرضية .

٩) انزلاق السد على طبقة ضعيفة فى تربة الأساس .

والأنواع السبعة الأولى من الانهيارات المذكورة يمكن اتخاذ

احتياطات كافية لمنعها بإجراءات وقائية تعتمد أساساً على الخبرة وحسن التقدير والدراسة المتأنية وليس بالضرورة على إحدى الطرق التحليلية كما هو مطلوب فى حالة دراسة انهيار جسم الميل أو انزلاق السد على طبقة ضعيفة فى أساساته . والأمثلة الآتية توضح بعض هذه الإجراءات الوقائية :

١) اختيار موقع السد فى منطقة غير معروفة بالنشاط الزلزالى .

٢) زيادة ارتفاع قمة السد فوق سطح المياه لاستيعاب الهبوط أو الانهيار أو حركة الفوالق

٣) استخدام قلب (كور) عريض يتكون من تربة لدنة لها قابلية كبيرة للتشقق .

٤) استخدام تربة ليس لها قابلية كبيرة للتشقق فى المناطق الانتقالية بين تربة القلب (الكور) والقشرة الخارجية للسد .

٥) وضع التفصيلات المناسبة لقمة السد تمنع غمرها فى حالة اجتياح الماء لها .

٦) إجراء فحص دقيق لثبات الميول الملاصقة للخزان .

٧) إحكام الوصلات بين كور الجسر والأكتاف .

ويلاحظ أن أهمية الاحتياطات الوقائية السابقة تزداد فى حالة جسور السدود الترابية (أكثر من جسور الطرق) أما طرق تحليل ثبات الميول أو الانزلاق فهى مهمة لجميع أنواع الجسور . وسيتم توضيح خطوات هذه الطرق فى البند ٣ التالى .

٣ – طرق التحليل :

أ – يعتمد اختيار طريقة التحليل لسلوك السد أثناء الزلازل أساساً على نوع التربة المستخدمة فى إنشاء السد وكذلك على تربة الأساس . وحيث إن مقاومة التربة للقص تعتمد بالدرجة الأولى على الإجهادات الفعالة داخل الكتلة الترابية والتى تعتمد بدورها على مقدار ضغط المياه البينية المتولدة أثناء الهزات الزلزالية فإنه يمكن تقسيم التربة إلى نوعين رئيسين كما يلى :

١– تربة لا يزيد مقدار النقص فى مقاومتها للقص نتيجة لهزات الزلازل عن ١٥٪ (وهى عادة التربة المتماسكة ومثل الطين قليل الحساسية ، الطين الطميى الرملى أو التربة غير المتماسكة ذات الكثافة العالية جداً) .

٢– تربة يزيد مقدار النقص فى مقاومتها للقص أثناء الهزات الأرضية عن ١٥٪ (وهى عادة التربة غير المتماسكة والمغمورة بالماء وكذلك التربة الطينية شديدة الحساسية) .

ب – طريقة التحليل لتربة من النوع (١) :

يمكن فى هذه الحالة إجراء تحليل الثبات ضد انهيار الميل أو انزلاق السد على الأساسات باستخدام طريقة التحليل شبه الإستاتيكى . وتعتمد هذه الطريقة على مفهوم الاتزان الحدى والذى تعامل فيه كتلة التربة المحاطة بسطح الانزلاق كجسم جاساً معرض لقدرة أفقية إضافية تؤثر فى مركز كتلته . وتحسب قيمة هذه القوة الأفقية كحاصل ضرب كتلة الجسم المنزلق فى المعامل الزلزالى . ثم يستكمل التحليل بشكل عادى باستخدام طرق الاتزان الحدى . ويبين الجدول التالى قيم المعامل الزلزالى الذى يمكن استخدامه فى تحليل الميول للحصول على معامل أمان يساوى ١,١٥ والتى تعتبر قيمة مقبولة فى هذه الحالة .

جدول يبين قيم المعامل الزلزالى المستخدمة فى تحليل الميول

مقدار الزلزال	قيمة المعامل الزلزالى
أقل من ٥,٥	٠,٠٥
٥,٥ إلى ٦,٥	٠,١٠
٦,٥ إلى ٨,٢٥	٠,١٥

وفى حالة الرغبة فى الحصول على قيمة تقديرية للهبوط المتوقع بقيمة الجسر (U) نتيجة لهزة أرضية ذات قيم قصوى محددة للعجلة الأرضية والسرعة يمكن استخدام المعادلة الآتية :

$$U = \frac{V^2}{2gk_f} \cdot \frac{A}{K_f}$$ معادلة رقم (٢٨)

حيث :

g = عجلة الجاذبية الأرضية .

A = النسبة بين العجلة الأرضية الأفقية القصوى وعجلة الجاذبية الأرضية (g) .

V = القيمة القصوى للسرعة الأرضية الأفقية .

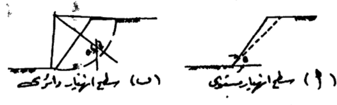
K_f = المعامل الزلزالى اللازم لإحداث انهيار ، وتحسب قيمته من المعادلة التالية :

$$K_f = (FS_o - 1)\sin\theta$$ معادلة رقم (٢٩)

حيث :

FS_o = معامل الأمان الإستاتيكي .

θ = زاوية سطح الميل مع الأفقى فى حالة سطح الانهيار المستوى أو الزاوية بين الرأسى والخط الواصل بين مركز الدوران ومركز ثقل الكتلة المنزلقة وذلك فى حالة سطح انهيار دائرى كما هو مبين بالشكل التالى :



شكل يبين طريقة تحديد الزاوية Θ لحساب هبوط الميل نتيجة الهزة الأرضية

جـ - طريقة التحليل لتربة من النوع (٢) :

لا يمكن استخدام طريقة التحليل شبه الإستاتيكى بثقة كافية عند التعامل مع بعض أنواع التربة مثل الرمل منخفض أو متوسط الكثافة أو الطين شديد الحساسية ، وكلا النوعين يتعرض لنقص كبير فى مقاومته لإجهادات القص أثناء الهزات الأرضية . وللحصول على نتائج يعتمد عليها فى مثل هذه الحالات فإنه يلزم عمل تحليل ديناميكى للإجهادات والانفعالات المتولدة فى جسم الجسر أو السد باستخدام طريقة العناصر المحددة مع استخدام معاملات للتربة مستنتجة من تجارب معملية لعينات تخضع لاهتزازات مماثلة للاهتزازات التصميمية بالإضافة إلى أنه يمكن الاستفادة أيضاً من نتائج اختبارات الاختراق القياسى بالموقع .

ثانياً : تصميم الهيكل الخرسانى :

أ - يرجع إلى الكود الخاص بالخرسانة المسلحة فى جميع بنوده .

ب - التفاصيل الإنشائية :

١) مطابقة التفاصيل الإنشائية مع افتراضات الحساب .

التفاصيل الإنشائية المنصوص عليها فى هذا الباب تسرى على جميع المنشآت بصرف النظر عن طرق التصميم المتبعة .

يجب أن تكون التفاصيل الإنشائية واضحة وكاملة كما يجب أن تكون متمشية مع المبادىء والافتراضات الأساسية للحسابات وبطريقة تسمح بتبسيط أسلوب التنفيذ فيما يختص بمغلف العزم وتشكيل فولاذ التسليح ووصلاته وصب الخرسانة على أن يتمشى كل ذلك مع تتابع مراحل التنفيذ .

٢) ترتيبات عامة تتعلق بالتسليح :

١) استعمال أنواع مختلفة من الفولاذ : يفضل عدم استعمال أنواع مختلفة من الفولاذ فى نفس العنصر الخرسانى وذلك لتجنب الخلط بينها . ولكن يسمح أن يكون التسليح الرئيسى مختلفاً عن تسليح الكانات وقضبان التعليق من حيث نوعية الفولاذ المستخدم ، على أن يراعى فى الحسابات أن يدخل كل نوع من الفولاذ بخواصه ومقاومته .

٢) الانحناء المسموح به فى أسياخ التسليح : يجب ألا تقل أنصاف أقطار الانحناء (مقاسه من الرسم الداخلى للسيخ) عن القيم المذكورة فى الجدول التالى وذلك فيجب ألا يقل دليل الثنى عن ضعف هذه القيم .

جدول يبين أقل نصف قطر للانحناء لأسياخ التسليح (أو لدليل الثنى) حيث F_y = إجهاد الخضوع للتسليح الطولى

أصغر نصف قطر للمنحنى أو دليل الثنى	صلب طرى $f_y < 3000\ kg/cm^2$		صلب نصف قاسى $3000\ kg/cm^2 < f_y < 5000\ kg/cm^2$		صلب قاسى $f_y > 5000\ kg/cm^2$	
	$\phi \ngtr$ ١٢م	$\phi >$ ١٢م	$\phi \leqslant$ ١٢م	$\phi >$ ١٢م	$\phi \leqslant$ ١٢م	$\phi >$ ١٢م
كانات	٢ ϕ		٣ ϕ			
تثبيتات	٣ ϕ	٤,٥ ϕ	٥,٥ ϕ	٥,٥ ϕ		
طيات (ثنايا) جنشات	٤,٥ ϕ	٤,٥ ϕ	٨ ϕ	٨ ϕ	١٠,٥ ϕ	١٠,٥ ϕ

٣) نهايات أسياخ التسليح : تنتهى أسياخ التسليح بأحد الأشكال التالية :

ـــ جنش (عكفة) فى طرف السيخ على هيئة نصف دائرة (ذات نصف قطر طبقاً للجدول السابق مضافاً إليها جزء مستقيم بطول أربع مرات قطر السيخ بحيث لا يقل عن ٧ سم .

ـــ ثنى طرف السيخ بزاوية قائمة بحيث يبلغ طول الجزء المستقيم المطوى ١٢ مرة قطر السيخ على الأقل والرسم التالى يبين جنش للخرسانات الثقيلة والخفيفة بمواصفات أخرى .

short bare
10d
10d

جنش يصلح للخرسانات الخفيفة = ٥ ∅ ومنحنى قطره = ١٠ ∅

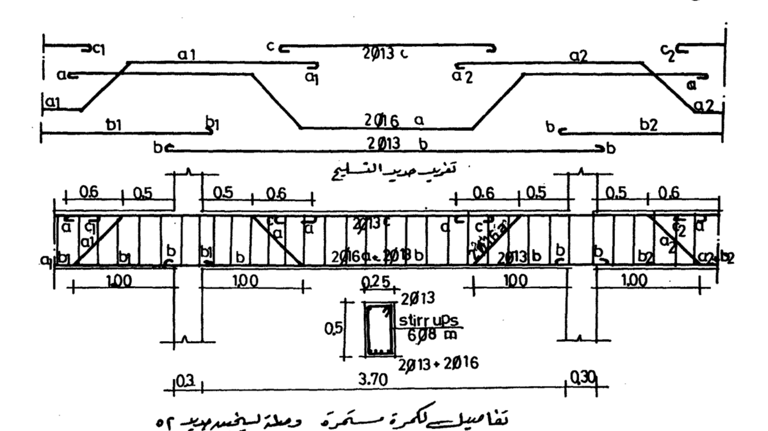
hook
bends
10d
10d

جنش يصلح للخرسانات الثقيلة والزاوية المستقيمة بعد قوس الخطاف ٣ ∅

ــ بالنسبة للكانات يتم ثنى أطرافها بزاوية ٩٠ أو ١٣٥° مضافاً إليها جزء مستقيم متمدد لا يقل عن ٦ مرات قطر السيخ بحد أدنى ٧ سم .

٤) **توقف الأسياخ** : يراعى أن يكون توقف الأسياخ – خصوصاً الجنشة (المعكوفة) منها – بحيث لا تؤدى إلى احتمال شروخ انهيار دقيقة ، كما يجب ألا يؤدى ترتيبها إلى احتمال تحرك التسليح أو احتمال انهيار (سحق) الخرسانة والرسم التالى يبين تفاصيل لكمرة مستمرة وطريقة توقف الأسياخ وذلك للاسترشاد

كما يجب تلافى التوقف الجماعى لنسبة كبيرة من الأسياخ فى نفس القطاع ولذلك يستحسن استعمال عدد أكبر من الأسياخ ذات القطر الأصغر .



تفاصيل لكمرة مستمرة

وصلة لسيخين حديد ٥٢ فى حالة وجود جنشة

وصلة لسيخين حديد ٥٢ فى حالة عدم وجود جنشات

٥) **وصل الأسياخ** : يتم وصل أسياخ الفولاذ بإحدى الطرق التالية :

أ) وصلات بالركوب : يتم تنفيذها بالنسبة للأسياخ التى لا يزيد قطرها عن ٣٢ مم ويتحدد طول ركوب الأسياخ طبقاً للبند (٦) ويجب ألا يزيد عدد الأسياخ الموصولة – فى المكان الواحد – عن نصف عدد الأسياخ بالمقطع إذا كان معرضاً لانحناء مع / أو بغير ضغط ويجب أن يزيد عن ثلث عدد الأسياخ بالمقطع فى الأعضاء المعرضة للشد مع / أو بغير انحناء والرسم التالى يبين وصل لسيخين حديد فى حالة وجود جنش وعدم وجوده وذلك للاسترشاد .

ب) وصلات بجلب (عقد) مقلوظة : وذلك باستخدام جلب مقلوظة بالطول الكافى . وفى هذه الحالة تعتبر مساحة قلب السيخ (المقطع الأدنى) فقط هى الفعالة .

جـ) وصلات باللحام : يسمح بعمل وصلات باللحام للفولاذ الذى حد مرونته الاصطلاحى أقل من أو مساوٍ لـ $5000\ kg/cm^2$ كما يجب ألا يتسبب اللحام فى تقليل الخواص الميكانيكية للفولاذ . ولذلك فلا يسمح بلحام أسياخ الفولاذ المعالج على البارد إلا إذا أخذ بالاعتبار انخفاض مقاومتها ، واللحام يجب أن يكون حسب المواصفات الإقليمية المعمول

بها . والأسياخ الملحومة يجب أن تظل محاورها على استقامة واحدة عند موضع اللحام ويجب أن تختبر عينات من الأسياخ الملحومة لإثبات صلاحيتها .

عدد الأسياخ المسموح بوصلها فى مكان واحد من المقطع تكون طبقاً لما جاء بالبند أ من (٥)

٦) طول التثبيت الأساسى فى حالة الشد :

أ) الأسياخ عالية التماسك : L_b

$$\min L_b = 0.05 \frac{f_y}{\sqrt{f_c}} \phi^2 \geq 0.0075 \phi f_y$$

أو ٣٠ سم أيهما أكبر .

على ألا يزيد قطر السيخ المستعمل عن ٣٥ م .

حيث ϕ و L_b بالسنتيمتر و f_y ، f_c^- بالكجم / سم٢ .

ب) الأسياخ الملساء :

$$\min L_b = 0.25 \frac{f_y}{\sqrt{f_c^-}} \phi^2 \geq 0.015 \phi f_y$$

أو ٣٠ سم أيهما أكبر .

على ألا يزيد قطر السيخ المستعمل عن ٣٥ م كا وأنه يشترط أن ينتهى طرف السيخ الحر بجنش .

يعدل الطول الأساسى المذكور فى الفقرتين أ ، ب بضربة بواحد أو أكثر من المعاملات المذكورة فى الجدول التالى والذى تعتمد على نوعية سيخ التسليح ومكان استعماله .

جدول معاملات تعديل طول التثبيت الأساسى

نوعية سيخ التسليح ومكان الاستعمال	المعامل
سيخ علوى (يقل سمك الخرسانة من فوقه عن ٣٠ سم)	١,٤٠
سيخ سفلى (يزيد سمك الخرسانة من فوقه عن ٣٠ سم)	١,٠٠
سيخ مائل أو شاقولى	١,٠٠
كل سيخ من رزمة مؤلفة من ثلاثة أسياخ	١,٢٠
أسياخ تزيد مساحة مقطعها عن متطلبات العزم الحانى ١,١٠	مساحة مقطع التسليح اللازم / مساحة مقطع التسليح الفعلى

سيخ علوى (هو ما صب تحته أكثر من ٣٠ سم خرسانة ولم تزد سماكتها فوقه عن ٣٠سم) = ١,٤٠

أى سيخ خلاف ذلك . = ١,-

٧) طول التثبيت فى حالة الضغط : L^-_b

أ) الأسياخ عالية التماسك :

$$\min L_b = 0.08 \frac{f_y}{\sqrt{f^-_c}} \phi \geq 0.005 f_y \phi$$

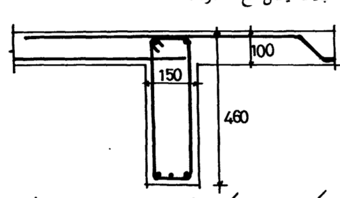
ب) الأسياخ الملساء :

$$\min L^-_b = \frac{2}{3} L_b$$

حيث إن L_b تؤخذ من بند ٦ فقرة (ب) .

٨) توقف أطراف الأسياخ :

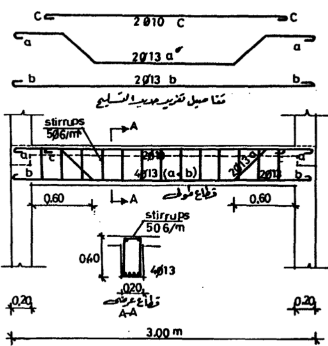
أ) أسياخ التسليح التى ليس لها حاجة لمقاومة العزم الحانى فى مقطع ما يجب أن تستمر مسافة إضافية – قبل انحنائها أو قطعها – تساوى إما d أو ١٢ ϕ أيهما أكبر . والشكل التالى يبين التسليح لكمرة والبلاطة تقع فى منطقة الضغط وجزء من البلاطة يعمل مع الكمرة .



كمرة مسلحة على شكل حرف T حيث يعمل جزء من بلاطة السقف يضاف الى القطاع المستطيل وهى ١٢ مرة سمك البلاطة إذا كانت البلاطة تعمل معه فى منطقة الضغط

ب) يجب أن يستمر ربع التسليح السفلى – على الأقل – فى الكمرات المستمرة والثلث فى الكمرات البسيطة ، إلى مسافة ١٥ سم داخل الركيزة مع الأخذ بعين الاعتبار طول التثبيت

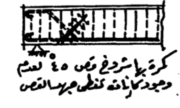
اللازم والشكل التالى يبين تفاصيل لتسليح ارتكاز بسيط .



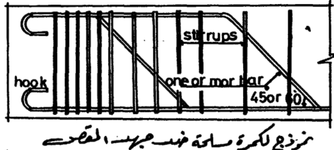
تفاصيل لتسليح إرتكاز بسيط

ج) يجب أن يستمر ٣/١ التسليح السالب – على الأقل – إلى مسافة بعد نقطة عزم الصفر تعادل : ١٢ ϕ أو ١٦/١ من المسافة بين الركيزتين المتتاليتين – أيهما أكبر .

د) يجب ألا يوقف جزء من أسياخ التسليح الطولى فى مقطع ما فى منطقة الشد – عند تبين الحاجة إليها بموجب الرسوم البيانية لعزم الانحناء – إلا إذا كان جهد القص فى القطاع لا يتجاوز ٣/٢ جهد القص الأقصى الذى يمكن أن يقاومه هذا القطاع والرسم التالى يبين تسليح لكمرة ضد جهد القص .



كمرة بأشرطة قص ٤٥ لعدم وجود كانات كافية لجهد القص



نموذج لكمرة مسلحة ضد جهد القص

هـ) تعتبر قضبان التسليح الطولى المنقطعة موصولة ببعضها بعضاً بواسطة تماسكها مع الخرسانة إذا تأمنت فيما بينها أطوال تثبيت كافية لهذا الغرض . وأطوال التثبيت هذه تكون مساوية لـ L_b إذا كان إجهاد الشد فى السيخ الموصول أقل من $0.5 f_y$ وإلا تكون مساوية لـ $1.5 L_p$ إذا ما زاد إجهاد الشد عن $0.5f_y$ فى مجال وصل السيخ المذكور . هذا ويشترط ألا يزيد عدد الأسياخ الموصولة فى مجال الوصل هذا عن نصف أسياخ التسليح كما أنه يستحسن ألا يتم وصل أى أسياخ فى منطقة شد قصوى إذا أمكن ذلك .

٩) الفواصل بين أسياخ التسليح :

يراعى أن تكون المسافات بين أسياخ التسليح – بداخل المقطع – كافية للتسليح ، لتسمح بتنفيذ غير معيب لأعمال الخرسانة وتسمح بدمك الخرسانة وتجنب الانفصال الحبيبى لها .
والمسافات المتروكة بين الأسياخ يجب ألا تقل عن :

أ) الأسياخ الرأسية :

— سنتيمتر واحد .   — ٠,٧٥ أكبر قطر للأسياخ .
— ٠,٥٠ أو ٠,٦٠ المقاس الاعتبارى الأكبر للركام المدور أو المكسر على التوالى .

ب) الأسياخ الأفقية :

— ٢ سم .   — أكبر قطر للأسياخ .
— ١,٣٠ أو ١,٥٠ المقاس الاعتبارى والأكبر للركام المدور أو المكسر على التوالى .

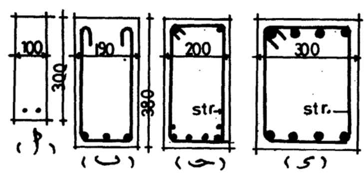
١٠) مجموعات الأسياخ المتلاصقة :

— فى الصف الرأسى الواحد يسمح بوضع سيخين متلاصقين .

— فى المرقد الأفقى الواحد يسمح بوضع سيخين متلاصقين ، بشرط وجود مكان كاف حول الأسياخ ويفضل أحياناً لإدخال هزاز للدمك وضمان ملء الفراغات حول الأسياخ . ويفضل أحياناً لتسهيل صب الخرسانة فى جمع ثلاثة أسياخ مع بعضها حيث يسمح بتغليف أفضل للأسياخ بالخرسانة .

١١) الفواصل بين أسياخ تقاطع الكمرات :

لتسهيل صب الخرسانة فى المناطق التى بها تكثيف شديد فى التسليح (فى مناطق العزوم السالبة فى بعض الكمرات على سبيل المثال) يمكن طلب استخدام خرسانة ذات ركام أصغر يتناسب مع المسافة بين الأسياخ ، والرسم التالى يبين طريقة توزيع الأسياخ فى أربعة نماذج من الكمرات ، وطريقة التسليح للشد والضغط .



نموذج أ عرض ١٠سم وارتفاع ٣٠سم وبتسليح ٢ م ١٣ وليس بها كانات وتصلح للأعتاب
نموذج ب عرض ١٩سم وارتفاع ٣٨سم وبتسليح ٣ م ١٣ وكانات مفتوحة وغير معرضة لإجهادات القص
نموذج حـ عرض ٢٠سم وارتفاع ٣٨سم وبتسليح ٤ فى الشد والتسليح العلوى لحمل الكانات
نموذج ى عرض ٣٠سم وارتفاع ٣٨سم وبتسليح ٦ فى الشد والضغط

١ – **الغطاء الخرسانى للتسليح** : الغطاء الخرسانى لأسياخ التسليح يجب أن يكون كافياً ليسمح بمرور الخرسانة ولتوفير الحماية اللازمة للتسليح ضد عوامل التآكل ، والسمك الأدنى لسمك الغطاء الخرسانى بالنسبة للمنشآت الداخلية التى تتعرض مباشرة لتأثيرات جوية هو ١,٠٠ سم للبلاطات ، ١,٥٠ سم للكمرات والأعمدة ، أما بالنسبة للمنشآت الخارجية المعرضة مباشرة لتأثيرات جوية فالغطاء الخرسانى يجب ألا يقل عن ٢ سم للبلاطات ، ٢,٥٠ للكمرات والأعمدة ، وبصفة عامة يجب ألا يقل الغطاء الخرسانى فى جميع الحالات عن أكبر قطر سيخ مستعمل .

ــ يجب ألا يقل سمك الغطاء الخرسانى لأعمال الخرسانة غير الحية والمواجهة للردم عن ٤ سم .

ــ للمنشآت المعرضة لتأثير العوامل الكيميائية يحدد سمك الغطاء الخرسانى المناسب لها حسب كل حالة .

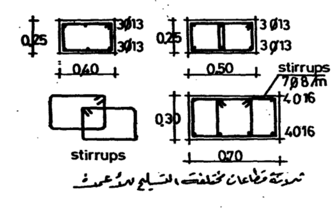
ــ إذا زاد سمك الغطاء الخرسانى عن ٤ سم يجب استخدام تسليح شبكى خفيف لحمايته من التشريخ ولا يدخل فى الحسابات الإستاتيكية .

ــ وفى جميع الحالات يفضل حماية أسطح الخرسانة المعرضة باستخدام أنواع البياض (الأسمنتى) والكساوى والدهانات المناسبة لكل حالة) .

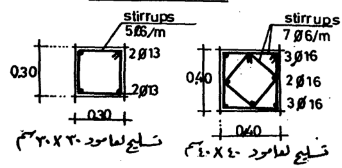
ــ **ترتيبات خاصة ببعض عناصر المنشآت :**

١) **الأعمدة :**

ــ أصغر ضلع لمقطع العامود يجب ألا يقل عن ٢٠ سم وبمساحة لا تقل عن ٦٠٠ سم² وأقل تسليح ٤ ϕ ١٢ وذلك بالنسبة للأعمدة الحاملة لجزء من المنشأ ، ويمكن الوصول إلى قيم أقل من ذلك بالنسبة للأعمدة الخرسانية غير الحاملة اللازمة لأغراض مساوية . والرسومات التالية تبين بعض نماذج الأعمدة المربعة والمستطيلة وطريقة تسليحها .



نموذج قطاعات مختلفة لتسليح الأعمدة



تسليح لعامود ٣٠ × ٣٠ سم   تسليح لعامود ٤٠ × ٤٠ سم

ــ الأعمدة الدائرية الحاملة لا يقل قطرها عن ٢٥ سم وتسليحها عن ٦ ϕ ١٢ .

ــ يتم ترتيب التسليح الطولى بالأعمدة بحيث يزود كل ركن من العمود بتسليح وبحيث لا يتجاوز المسافة بين سيخين متجاورين عن ٣٠ سم أو عرض أصغر ضلع فى مقطع العمود والرسومات التالية تبين بعض نماذج من الأعمدة الدائرية والمثمنة .

قطاع لعامود مثمن قطره ٣٦سم وبه كانات حلزونية

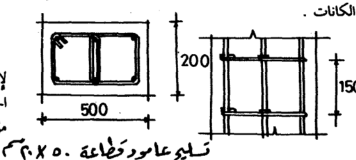
قطاع لعامود دائري قطره ٣٠سم وكانات حلزونية

تفاصيل كاملة لقطاع عامود دائري قطره ٥٠سم وكانات حلزونية

ــ لا يقل قطر التسليح العرضي (الكانات) عن ٦ مم أو ثلث أكبر قطر للأسياخ الطولية - أيهما أكبر .

ــ لا تزيد المسافة بين التسليح العرضي عن ١٥ سم بين الكانات .

ــ فى الأعمدة المربعة والمستطيلة يراعى أن ترتب الكانات بحيث تشكل حزاماً مستمراً حول جميع الأسياخ الطولية وبحيث ألا تزيد بين سيخين مربوطين بالكانات فى اتجاهين عموديين عن ٣٠ سم ولا يوضع فى هذه المسافة أكثر من سيخ واحد والرسم التالى يبين تسليح عامود قطره ٥٠ × ٢٠ سم وطريقة ترتيب الكانات .



تسليح عامود قطاعه ٥٠ × ٢٠سم

ــ تؤخذ أطوال وصلات الأسياخ فى الأعمدة طبقاً للبند ٧ بحيث لا تقل عن ٤٠ سم ويمكن استخدام اللحام فى الأعمدة المعرضة إلى ضغط بكامل قطاعها .

ــ أقصى خطوة للكانات الحلزونية هى ٨ سم أو ١/٥ قطر قلب المقطع أيهما أقل . وأصغر خطوة هى ٣ سم ويجب الاحتفاظ بالخطوة ثابتة ووصلات الحلزون تتم عن طريق تطابق ١,٥لفة على الأقل .

٢) البلاطات والمنشآت المستوية :

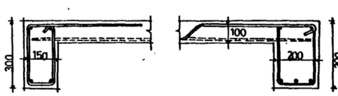
تختص هذه الترتيبات بالبلاطات والمنشآت المستوية المحملة عمودياً على مستواها المتوسط وذات سمك لا يزيد عن ٣٠ سم .

ــ لا يتعدى قطر أسياخ التسليح عن عشر $\frac{١}{١٠}$ سمك البلاطة أو المنشأة .

ــ لا تزيد المسافة بين أسياخ التسليح الرئيسى عن ضعف سمك البلاطة بحيث لا تتعدى ٢٠ سم وذلك بالنسبة للفولاذ الطرى العادى ، أما بالنسبة للفولاذ عالى الشد فلا تزيد المسافة عن مرة ونصف سمك البلاطة بحيث لا تتعدى ١٧,٥٠ سم .

ــ نسبة مساحة مقطع الأسياخ فى الاتجاه الثانوى إلى مساحتها فى الاتجاه الرئيسى (فى وحدة الطول من البلاطة) يجب ألا تقل عن $\frac{١}{٤}$.

ــ يجب مراعاة تزويد أطراف وزوايا البلاطات بالتسليح اللازم لها والرسم التالى يبين التسليح لبلاطة مع كمرة خرسانية.



تسليح لكمرة حرف L لنهاية بلاطة والبلاطة تقع فى منطقة الضغط

ــ يجب مراعاة تزويد البلاطات المسلحة - المرتكزة على أعمدة بغير رؤوس البلاطات - بالتسليح اللازم حول الأعمدة لمقاومة قص وثقب البلاطات وذلك إذا أثبتت حسابات الإجهادات ضرورتها .

جـ - إعداد الرسومات

١) الرسومات والترخيص : قبل الحصول على ترخيص لإقامة أى منشأ يلزم أن تقدم رسومات كاملة واضحة لأعمال الخرسانة المسلحة تعد وفقاً لحسابات إستاتيكية بمعرفة مهندسين مؤهلين جامعياً يتولون أعمال التصميم والحسابات والمراجعة

والإشراف على التنفيذ . كما يجب عليهم أن يرفقوا بها مواصفات خاصة بنوع الخرسانة والأسمنت وصلب التسليح .

٢) رسومات المشروع الابتدائى : يجب أن تعطى هذه الرسومات فكرة واضحة عن المشروع من حيث الوحدات المختلفة وشكل كل وحدة ونظامها الإستاتيكى والأبعاد الأساسية للخرسانة وتكون بمقياس رسم مناسب للإيضاحات المطلوبة دون تفاصيل صلب التسليح أو التفصيلات الدقيقة ويرفق بهذه الرسومات مقايسة (كميات) ابتدائية عند الطلب .

٣) الرسومات التنفيذية : تحتوى هذه الرسومات كافة الأبعاد والتفاصيل والمواصفات والبيانات الأخرى اللازمة لتنفيذ المنشأ فى يسر دون الرجوع إلى المصمم . ويرفق بهذه الرسومات بيان بالكميات ومواصفات البنود المختلفة اللازمة للتنفيذ والتى تمكن المقاول من وضع أسعاره لها .

تحضير الرسومات التنفيذية :

تبين الرسومات التنفيذية المطلوبة ما يلى :

١) الأبعاد الخرسانية للعناصر الإنشائية بدون البياض ويبين عليها المحاور وسمك البلاطات وأبعاد الكمرات ومقاسات الأعمدة وكذلك يبين عليها المناسيب المختلفة كما يبين عليها مقاومة الخرسانة المستعملة . أما نوع الأسمنت ونسبته فى المتر المكعب من الخرسانة المنهية ونوع ومقاس الركام المستعمل وكذا نسبة الخلط وطريقته وطريقة الدمك فينص عليها فى دفتر شروط المشروع .

وفى حالة استعمال الخرسانة الخاصة تذكر مواصفاتها فى دفتر الشروط كما يجب أن يحدد على الرسم فى المنشآت الخاصة قيمة الغطاء الخرسانى المطلوب .

وفى حالة وجود فواصل صب للمنشآت المعقدة أو فواصل انكماش يلزم بيانها على الرسومات وفى الحالات الخاصة كالمخازن والمصانع يجب بيان الأحمال الحية وذكر نوع الحوائط ونوع الأرضيات عند اللزوم ، كما يجب أن تذكر قيمة التحديب المطلوبة للبلاطات والكمرات والكوابيل .

ب) تفاصيل التسليح ، وتشمل كافة البيانات اللازمة للتنفيذ مثل العدد والقطر والشكل .. إلخ ونوع الصلب المستخدم على أن تبين العكفات والوصلات وكذلك اللحام إن لزم .

٢) بيان الرسومات التنفيذية المطلوبة : تبين الرسومات المطلوبة للتنفيذ ما يلى :

أ) المحور .　　ب) الأساسات .
جـ) الأعمدة .　　د) الميد (كمرات الأساس).
هـ) أرضية وحوائط وسقف البدروم (إن وجد) .
و) الأسقف المختلفة .　ز) السلالم .
حـ) تفاصيل الأجزاء التى يتطلب الأمر بيانها بمقياس أكبر .
ط) تعمل جداول تفاصيل التسليح إذا لزم الأمر .

هذا ويوصى بعمل رسومات خاصة للكمرات والبلاطات بحيث تبين الأسياخ المستقيمة والمكسحة وموضع تكسيحها كلما لزم الأمر .

٣) جدول عنوان الرسم ومشتملاته: يجب أن يجهز جدول العنوان بحيث يظهر على الوجه عند تطبيق الرسم ويشمل الجدول ما يلى :

أ) اسم المشروع ورقمه .　　ب) عنوان الرسم .
جـ) رقم الرسم .
د) مقياس الرسم ويحسن أن يكون كما يلى :
١) لرسم الموقع ١ : ١٠٠ أو ١ : ٢٠٠ أو ١ : ٥٠٠ .
٢) للمساقط الأفقية (أبعاد خرسانية وتسليح) ١ : ٥٠ .
وفى الأحوال التى يكون فيها مسطح كبير يمكن عمل الرسومات بمقياس ١ : ١٠٠ أو أنه يفضل عملها بمقياس ١ : ٥٠ مع خطوط تطابق تمكن من تجميع الرسومات .
٣) للتفاصيل ١ : ٥٠ أو ١ : ٢٥ أو ١ : ٢٠ أو ١ : ١٠.
هـ) جدول البيانات ويذكر فيه أى مصطلحات خاصة استخدمت فى تجهيز الرسم ومعناها .
و) تاريخ عمل الرسم .
ز) المراجع وتشمل أرقام الرسومات التى استعين بها فى تجهيز الرسم الإنشائى سواء كانت من الرسومات المعمارية أو الميكانيكية أو الكهربائية أو المساحية ... إلخ .
حـ) التعديلات وتواريخها وملخص لها ، ويجب على المهندس الاحتفاظ بنسخ من الرسومات قبل وبعد التعديل ليمكن الرجوع إليها عند الحاجة .
ط) اسم المالك وعنوانه .
ى) اسم وعنوان المهندس الإنشائى المسؤول وتوقيعه .
ك) اسم وعنوان المهندس المعمارى إن وجد .
ل) اسم المقاول أو الجهة المسؤولة عن التنفيذ وتوقيعه .

٤) ترتيبات خاصة برسومات القوالب (الشدات) :

يجب أن تمثل رسومات القوالب المستويات المختلفة ، قطاعات وواجهات الأسطح الخام ، بدون طبقات الإنهاء ، كما يجب أن تتضمن كل الأبعاد اللازمة للإنشاء السليم والتنفيذ الكامل لكل العناصر . ويجب أن توضح رسومات القوالب الارتفاعات والسمكات الكلية للخرسانة الخام .

٥) ترتيبات خاصة برسومات التسليح :

يجب أن توضح رسومات التسليح جميع التفاصيل والقياسات اللازمة لتصنيع التسليح وتركيبه فى مكانه ويجب أن تشير بدقة إلى أقل حد مرونة للفولاذ وأطوال الأسياخ والخواص الهندسية للمنحنيات والثنيات ووصلات بين الأسياخ، وبشكل خاص عند تقاطع الكمرات والأعمدة .

وعند استعمال أكثر من نوع واحد من الفولاذ مما يجب أن يفرق بوضوح فى رسومات التسليح بين أنواع الفولاذ المختلفة وفى حالة استعمال رموز أو اختصارات لتجهيز هذه الأنواع يجب أن تشرح هذه الرموز والاختصارات بشكل واضح جداً .

٦) شروط تنفيذية تتعلق بالرسومات :

يجب أن توضح الرسومات الشروط التنفيذية التى يمكن أن يكون لها تأثير على مقاومة أو اتزان المنشأ أو على سلوكه أثناء فترة الإنشاء أو مرحلة الخدمة ، وبصفة خاصة يجب أن يوضح ما يلى :

— شروط تنفيذ واتزان القوالب ومقاومتها لضغط الخرسانة الطازجة (الطرية) .

— طريقة معالجة الأسطح الظاهرة وما قد تتطلبها من شروط خاصة بسطوح القوالب .

— وسائل تثبيت أسياخ التسليح بالنسبة للقوالب .

— سير التنفيذ بالأجزاء التالية وما يتطلبه مقاومة واتزان المنشأ فى كافة مراحل التنفيذ .

— استئناف عمليات صب الخرسانة وفواصل الصب .

— شروط فك القالب . — فواصل الانكماش المؤقت .

الفصل الثالث

التنفيذ

أولاً : ترتيبات خاصة بالقوالب والشدات :

١) تصنيف القوالب :

أ) قوالب عادية ويكون التفاوت المسموح به فى أبعادها لا يزيد عن واحد سنتيمتر أو ١٠٪ من البعد الأصغر أيهما أصغر .

ب) قوالب جيدة ويكون التفاوت المسموح به فى أبعادها لا يزيد عن ٢ مم أو ٥٪ من البعد أيهما أصغر .

جـ) قوالب ذات طابع خاص تنفذ حسب رسومات ومواصفات خاصة تعد لها ويمكن أن ينص على صقل أسطحها إن كانت من الخشب أو دهانها بالزيت أو غيره .

٢) تركيب القوالب :

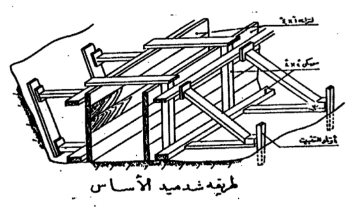
أ) تركب قوالب الخرسانة المسلحة بصفة عامة بالطريقة التى تضمن بقاءها ثابتة تماماً طوال فترة صب الخرسانة المسلحة وأثناء تصلدها . كما يجب أن تكون أوجه القوالب محكمة بحيث تمنع تسرب المونة الأسمنتية إلى الخارج .

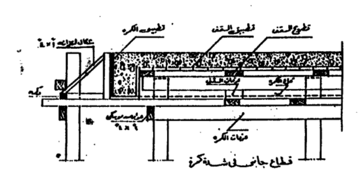
ب) تنفذ القوالب بحيث تكون قوية ومتينة بدرجة تكفى لتحمل ضغط الخرسانة الطرية ووزنها والأحمال الحية أثناء الصب الخرسانى دون التواء أو زحزحة ، ويجب أن يؤخذ فى الاعتبار الطريقة المستخدمة لوضع الخرسانة ودمكها وتأثير الضغوط والاهتزازات الواقعة على القوالب .

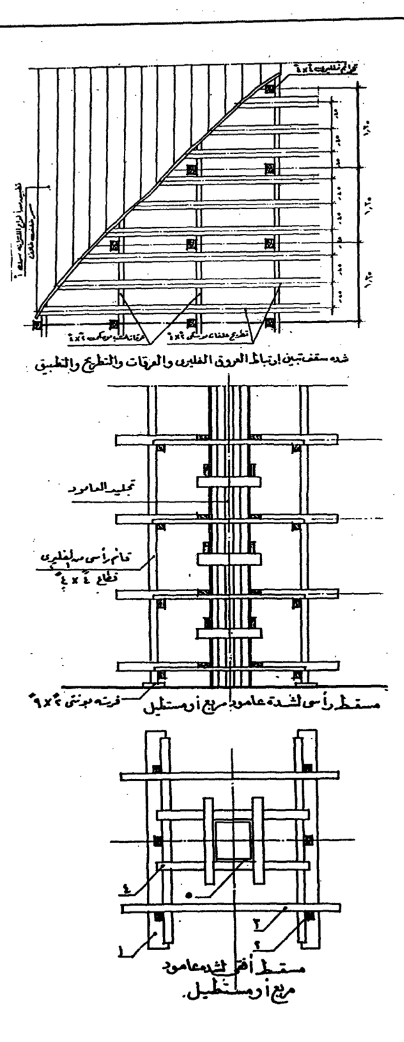
جـ) يجب أن ترتكز القوائم على قواعد ثابتة تتناسب مع الحمل الواقع عليها ، كما يجب إذا لزم الأمر أن تستمر القوائم الضرورية تحت الأدوار السفلى للدور الجارى العمل به حتى ترتكز على أرضية تتحمل الأثقال الواقعة عليها بأمان .

د) فى حالة استعمال قوالب من طابع خاص يجب أن تنفذ حسب الرسومات والتصميمات التى تعد لهذا الغرض .

هـ) يحدد تحدب قوالب بطينات الكمرات التى بحرها ثمانية أمتار أو أكثر بمقدار ١/٣٠٠ إلى ١/٥٠٠ من قيمة البحر . وفى حالة الكوابيل التى يزيد بروزها على مترين يتم رفع أطرافها بمقدار ١/١٥٠ من قيمة البروز وفى الحالات الخاصة الكبيرة أو تحت تأثير الأحمال الثقيلة يحسب التحديب اللازم والرسم التالى يبين عدة نماذج من الشدات المختلفة للأسقف والأعمدة وطريقة الميدة ووزن الأعمدة وشده فى أعمدة وخلافه .


طريقة شدميد الأساس

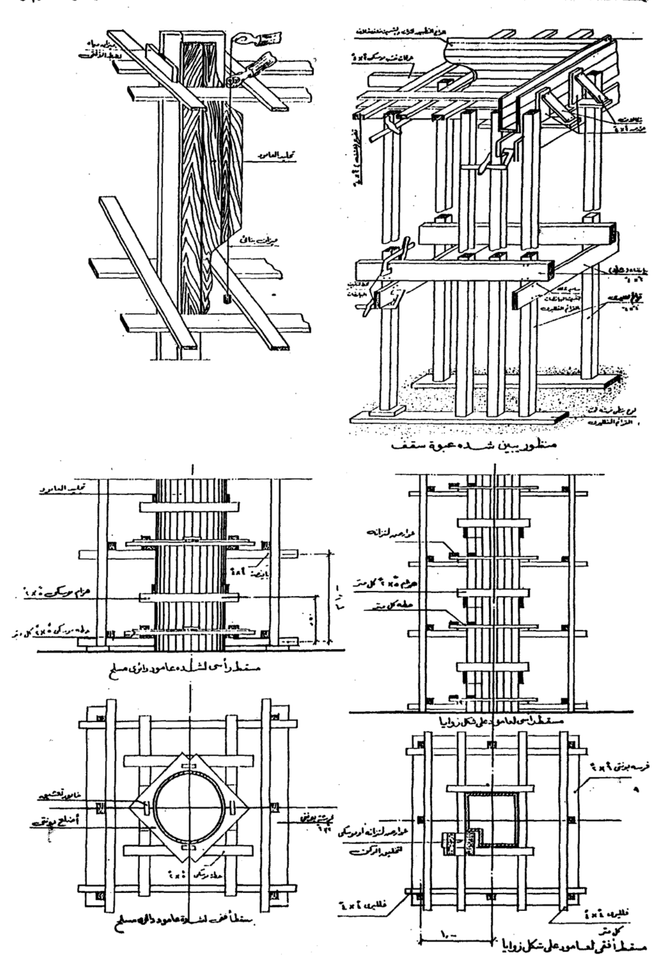

قطاع جانبى فى شدة كمرة



شده سقف تبين ارتباط العروق الفليري والعرقات والتطريح والتطبيق

مسقط رأسي لشدة عامود مربع أو مستطيل

مسقط أفقي لشدة عامود
مربع أو مستطيل.


تحليب العامود
ميزان بناء
منظور يبين شده عبوة سقف
مسقط رأسي لشده عامود دائرى مسلح
مسقط رأسي لعامود على شكل زوايا
مسقط أفقي لشدة عامود دائرى مسلح
مسقط أفقي لعامود على شكل زوايا

٣) تجهيز القوالب قبل الصب :

أ) يجب أن تنظف القوالب بعناية قبل صب الخرسانة مباشرة وذلك بإزالة الأتربة والفضلات وتجهيز فتحات لتسهيل ذلك عند اللازم ويمكن أن يكون التنظيف باستخدام الماء أو الهواء المضغوط .

ب) **الترطيب**: ترش الشدة الخشبية قبل الصب بالماء مرات متتالية لمنع امتصاص الأخشاب لماء الخلط ويجب ترك مسافة ضعيفة بين الألواح بحيث تسمح بتمددها بسبب الترطيب دون تقوسها ولا تسمح بمرور المونة الأسمنتية .

جـ) **الدهان بالزيت** : إذا طلب دهان القوالب بالزيت يجب استخدام الزيت غير الحمضى الخاص بذلك ويكون الدهان قبل وضع صلب التسليح على أن يزال الزيت الزائد والمتبقى فى قاع القوالب .

د) **إعادة استخدام القوالب** : يجوز إعادة استخدام القوالب لصب خرسانة داخلها مرة أخرى بشرط خلوها من العيوب وتنظيفها من الخرسانة التالفة بها .

٤) فك القوالب :

أ) تؤثر درجة حرارة الهواء وطول البحر والحمل الذى سيعرض له المنشأ ونوع الأسمنت على تحديد المدة الواجب انقضاؤها بين صب الخرسانة وفك القوالب ويجب التأكد من أن مقاومة الخرسانة وقت الفك وصلت إلى ضعف الإجهادات التى سيتعرض لها المنشأ عند الفك وفى حالة المنشآت الخاصة وكذلك فى حالة استمرار الجو البارد .

ب) يمكن الاسترشاد بالقيم التالية عند فك القوالب للأعمال المعتادة فى درجات الحرارة التالية :

أولاً : فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى:

ــ يمكن عادة فك شدات الجوانب والتى تعمل كمجرد غلاف للخرسانة بعد يومين .

ــ لا يجوز فك الشدات الحاملة للكمرات والبلاطات قبل انقضاء مدة تساوى بالأيام ضعف البحر (المجاز) بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومين وبحد أقصى قدره واحد وعشرون يوماً ، وفى البلاطات يعتبر البحر عند حساب زمن الفك الطول الأصغر للبلاطة .

ــ فى حالة الكوابيل (الأظفار) تعتبر المدة اللازمة انقضاؤها قبل فك القالب بالأيام مساوية لأربع مرات بروز الكابولى بالأمتار مضافاً إلى ذلك يومين .

ثانياً : فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد :

ــ تكون المدة حسب خصائص الأسمنت المستعمل ولا تقل بأى حال عن نصف المدة المذكورة فى حالة استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى .

جـ) يجب الحذر وتأجيل فك القوالب مدة مناسبة فى الحالات التى تنخفض فيها درجة الحرارة عن ١٠ مئوية خاصة عند استخدام الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد .

د) يمكن إعادة فك قوالب الشدات للأعمدة ذات المقاسات المألوفة فى المبانى العادية بعد انقضاء يومين من صبها . وفى حالة الأعمدة التى ستتعرض للأحمال بعد الفك مباشرة وفى أعمدة المنشآت الخاصة كالإطارات تحسب المدة الواجب انقضاؤها قبل فك الشدة كما بالنسبة للكمرات والكوابيل المعادلة لها طولاً كما يلزم إطالة هذه المدة فى حالة الأعمدة الطويلة النحيفة نسبياً .

هـ) عندما تكون القوالب حاملة لأحمال إضافية — مثل حالة الطابق الذى يحمل وزن الطابق التالى حديث الصب — لا يجوز فك القوائم الإضافية قبل انقضاء ثمانية وعشرين يوماً مع اتخاذ كافة الاحتياطات التى تضمن سلامة المنشأ كاستمرار القوائم حتى ترتكز على أرضية تتحمل الأثقال عليها بأمان .

و) فى الحالات الخاصة مثل الكمرات المقلوبة والأسقف المعلقة بواسطة أعمدة شد تبدأ المدة المحسوبة لفك الشدات من تاريخ صب الروح المقلوب للكمرات أو صب السقف الحامل للسقف المعلق .

ز) يراعى عند فك القوالب الحرص التام على عدم تعرض الخرسانة المسلحة للهزات أو الصدمات كما يراعى التأكد من تصلدها قبل فك الشدة .

حـ) إذا تبين أن ترخيم وحدة من الوحدات المتكررة أكبر من المسموح به يؤجل الاستمرار فى فك شدات الوحدات لفترة مناسبة يعاد بعدها قياس الترخيم فى وحدة ثانية .

بلوكات التثبيت :

يصرح بوضع بلوكات داخل الخرسانة بغرض تثبيت بعض التركيبات بشرط ألا تضعف أى جزء من المنشأ أو تقلل من سمك الغطاء أو صلب التسليح الفعال للتسليح عن القيم المحددة فى هذه الاشتراطات .

٦) التكسير فى الخرسانة بعد صبها : لا يجوز إطلاقاً تكسير أو عمل فجوات فى الأعمدة أو الكمرات بعد صبها لأى سبب من الأسباب إلا بعد الرجوع للتصميم ويفضل أن تراعى مواضع الفجوات والفتحات المطلوبة عند إعداد الرسومات التفصيلية وقبل التنفيذ .

التسليح :

١) **التنظيف** : يجب أن تنظف الأسياخ من القشور الناتجة عن التصنيع والصدأ غير المتماسك والزيوت والشحوم أو أى مواد ضارة وذلك قبل صب الخرسانة مباشرة .

٢) **الثنى** : يجب عدم ثنى أو عدل الأسياخ بطريقة تضر بخواصها أو بمقاومتها ويصرح بالثنى على الساخن لدرجة لا تتعدى بدء الإحمرار وتترك لتبرد تدريجياً فى الهواء ولا يسمح بالتبريد الفجائى للأسياخ بالماء .

أما الأسياخ التى تعتمد مقاومتها على المعالجة على البارد فلا يسمح بثنيها على الساخن .

٣) **الرص والتثبيت** : يجب تثبيت الأسياخ فى مواضعها المحددة طبقاً للرسومات وبحيث تضمن استيفاء الغطاء المحدد للتسليح كما يجب حفظها فى هذه المواضع بالرباط بالسلك أو اللحام أو استخدام الركابات وقطع حفظ الأبعاد وعند استخدام هذه القطع من المونة الأسمنتية تكون مكوناتها بنسبة ١ أسمنت إلى ٢ رمل توضع بالسمك المطلوب كما يجب بذل عناية خاصة فى رص وتثبيت مستوى التسليح العلوى الرئيسى للبلاطات المستمرة والكوابيل ويمنع منعاً باتاً تكسيح البلاطات أثناء الصب .

٤) **وصل الأسياخ باللحام** : يسمح بوصل الأسياخ باللحام حسب المواصفات القياسية الخاصة على أن يظل محور الأسياخ الملحومة على استقامة واحدة عند موضع اللحام . وعلى أن تختبر عينات من الأسياخ الملحومة لإثبات صلاحيتها قبل السماح باللحام ولا يجوز استعمال اللحام للأسياخ التى تعتمد فى مقاومتها على المعالجة على البارد إلا إذا أخذ انخفاض مقاومتها بالاعتبار .

٥) **التيارات الكهربائية** : لا يسمح باستعمال أسياخ صلب التسليح الداخلة فى أعمال الخرسانة المسلحة لتوصيل أى تيار كهربائى كما يجب عزل الأسلاك الكهربائية عن أسياخ التسليح عزلاً تاماً .

ترتيبات خاصة بالخرسانة :

١) حفظ المواد :

أ) **الأسمنت** : يجب أن يحفظ الأسمنت بطريقة تحميه حماية فعالة من المطر ورطوبة الهواء والأرض ، ويجب ألا يستخدم فى أعمال الخرسانة المسلحة أى أسمنت بدأت تتكون فيه حبيبات متصلدة أو كتل أو ظهرت شوائب أو مواد غريبة مضى على حفظها أكثر من ستة أشهر بالنسبة للأسمنت البورتلاندى العادى أو أقل من ذلك بالنسبة للأسمنت الخاص كل حسب نوعه ، إلا أنه يجوز استعمال هذا الأسمنت بعد استبعاد الكتل والشوائب بشرط أن يجتاز الاختبارات المنصوص عليها فى المواصفات القياسية لهذا الأسمنت .

ب) **الركام** : يجب أن يحفظ الركام الصغير والكبير كل على حدة وبكيفية تجنبه التلوث ، وفى الأعمال التى تحتاج إلى خرسانة خاصة يجب عمل أرضية صلبة لحفظ الركام حسب مقاساته المختلفة طبقاً لتدرجه الحبيبى المطلوب .

٢) قياس المواد :

أ) **الأسمنت** : لا يسمح بمعايرة الأسمنت بالحجم ويفضل أن تكون عبوة الخرسانة بحيث تحتوى عدداً صحيحاً من شكاير الأسمنت – وفى حالة استعمال الأسمنت السائب يجب استخدام طريقة دقيقة للمعايرة بالوزن .

ب) **الركام** : يقاس الركام عادة بالحجم فى صناديق قياس ذات سعه معينة . ويجب ملء الصناديق بدون دمك وأن تكون أعلى سطح الركام (داخل الصندوق) مستوياً مع الأحرف – كما يراعى عمل حساب زيادة الحجم فى الركام الصغير نتيجة لوجود الرطوبة به . ويعطى القياس بالوزن أدق النتائج كما يقضى على الالتباس المتسبب من زيادة الحجم فى الركام الصغير .

جـ) **الماء** : يجب أن يضاف الماء للخليط بكميات تقاس قياساً دقيقاً حسب القيم المحددة ، وفى حالة الخرسانة الخاصة يجب أن يؤخذ فى الاعتبار كمية الماء المحتمل وجودها فى الركام .

٣) صنع الخرسانة :

يجب ألا تزيد المدة ما بين إضافة ماء الخلط ووضع الخرسانة فى القالب على ٣٠ دقيقة فى الجو العادى أو ٢٠ دقيقة فى الجو الحار على أن يتم دمكها قبل مضى ٤٠ دقيقة فى الجو العادى أو ٣٠ دقيقة فى الجو الحار .

أ) تخلط الخرسانة ميكانيكياً بالنسب المطلوبة فى خلاطات ذات سعه تتناسب مع معدل النقل والصب ، ويراعى ألا تقل مدة خلط الخرسانة عن دقيقتين بعد استكمال وضع كافة موادها فى الأسطوانة (الحلة) بحيث يصبح الخليط متجانساً فى لونه وقوامه .

ب) يمكن خلط الخرسانة يدوياً على أن يتم الخلط بتقليب المواد تقليباً جيداً بالنسب المطلوبة على طبلية مستوية صماء بواسطة الجاروف ذى الشداد ، ويلزم خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف إلى أن يصبح اللون متجانساً ثم يضاف الخليط إلى الركام الكبير ويقلب ثلاث دفعات ثم يضاف الماء

تدريجياً بالقدر المطلوب للخلط ، ويستمر التقليب والخلط حتى تتجانس الخلطة لوناً وقواماً .

٥) نقل الخرسانة لموضع الصب :

فى حالة الخلط الميكانيكى يجوز تفريغ العبوة من الأسطوانة للنقل رأساً أو عن طريق الونش الرافع أو المزراب أو مضخة الخرسانة – كما يجوز تفريغها على طبلية توطئة لنقلها يدوياً – ويراعى عدم تفريغ عبوة جديدة على الطبلية قبل تمام نقل العبوة السابقة . وأيا كانت طريقة الخلط يراعى عدم إبقاء العبوة مدة طويلة على الطبلية بعد استكمال خلطها لا سيما فى درجات الحرارة المرتفعة ، فإذا تجاوزت ذلك مدة عشر دقائق فى حدود المدة المنصوص عليها سابقاً جاز استعمالها بعد إعادة تقليبها يدوياً بدون إضافة ماء وأيا كانت وسيلة نقل الخرسانة يراعى اختصار مدة النقل لتفادى انفصال مواد الخرسانة .

٦) صب الخرسانة :

أ) يراعى تسجيل بيانات عن ساعة وتاريخ الصب لكل جزء من المبنى .

ب) فى حالة صب خرسانات بتخانة كبيرة يراعى أن تصب على طبقات فى حدود ٣٠ سم لكل منها حتى يمكن دمك الخرسانة أولاً بأول ، ويمكن زيادة هذا الحد فى حالة استخدام هزاز ويراعى ألا يمضى وقت طويل بين تعاقب الطبقات بحيث لا تكون الطبقة السفلى قد بدأت فى التصلد عند بدء صب الطبقة التالية أما فى حالة الأعمدة فلا يجوز صبها بكامل ارتفاعها ويجب تقسيم أحد جوانب القالب إلى أجزاء لا يتجاوز ارتفاعها ٢ متر يتم تقفيلها أولاً بأول حتى يمكن الصب تباعاً ، قبل البدء فى صب خرسانة فوق أخرى تصلدت يرش سطحها بالماء لمدة ساعة ثم يوضع حوالى ٢ سم من مونة غنية مكونة من ٨٠٠ كجم أسمنت لكل متر مكعب من الرمل وذلك لمنع حدوث فاصل ولتجنب تراكم الزلط عند وصلة الصب ، ولضمان انسياب الخرسانة حول التسليح ، وفى حالة الكمرات المتصلة ببلاطات أعلاها يراعى أن تكون هناك فترة نحو نصف ساعة بين صب جسم الكمرة وصب البلاطة المتصلة بها وذلك لتجنب حدوث شروخ فيما بينهما أما إذا كانت الكمرات مقلوبة فيراعى أن يبدأ فى صب الكمرة فى اليوم التالى لصب البلاطة المتصلة بها وذلك بعد وضع المونة الغنية السابق الإشارة إليها .

جـ) عند صب الخرسانة تحت الماء يجب إجراء ذلك بوسائل خاصة تمكن من وضع الخرسانة دون فصل الأسمنت من الخليط .

د) فى حالة ارتفاع درجة الحرارة إلى الحد الذى يجعل الخرسانة تبدأ فى الشك قبل وضعها فى القالب بحيث يصعب دمكها فإنه لا يجوز إضافة ماء إلى الخرسانة بل يلزم استخدام الماء المثلج فى الخليط وحماية الركام من أشعة الشمس وفى حالة انخفاض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر يلزم تسخين ماء الخلط أو الركام أو كلاهما .

هـ) أعمال صب الخرسانة فى المناخ الحار والبارد :

نظراً لاختلاف المناخ فى جمهورية مصر العربية ولذلك يجب أخذ الاحتياطات اللازمة عند صب الخرسانة فى المناخ الحار والمناخ البارد وسنلقى الضوء على المناخين .

أولاً : صب الخرسانة فى المناخ الحار :

أ – منع سرعة تبخر ماء الخلطة : أهم الاحتياطات التى تتخذ للأعمال الخرسانية التى تنفذ فى موسم الصيف هو منع سرعة تبخر الماء من الخرسانة لذا يجب حمايتها أثناء وبعد صب ونهو الأعمال لإتمام التفاعل الكيميائى بين الماء والأسمنت (التميؤ) وإذا تبخرت كمية كبيرة من الماء يؤدى ذلك إلى عدم إتمام هذه العملية والجفاف السريع للخرسانة يمكن أن يحدث عدة عيوب منها تقليل مقاومة الخرسانة والشروخ الناتجة من الانكماش يضاف إلى ذلك وبسبب فقدان الرطوبة السريع من سطح الخرسانة حدوث شروخ تلاحظ خلال اليوم الأول للصب أو فى غضون بضع ساعات منه كما أن الخرسانة تتصلد قبل دمكها نتيجة سرعة شك الأسمنت وزيادة امتصاص أو تبخر ماء الخلط وهذا يسبب صعوبة نهو الأسطح الخرسانية الكبيرة .

ب) درجة حرارة الجو والرطوبة النسبية والرياح : عوامل كثيرة تؤثر على معدل تبخر الماء من الخرسانة مثل درجة حرارة الخرسانة والجو والرطوبة النسبية وسرعة الرياح حتى التغييرات النسبية الصغيرة فى هذه العوامل يمكن أن تؤثر بقدر ملحوظ على معدل التبخر وخصوصاً إذا كانت هذه التغييرات لحظية .

وعلى سبيل المثال عندما تتغير الرطوبة النسبية من ٩٠ – ٥٠٪ يزداد معدل التبخر « ٥ » مرات التبخر العادى وإذا انخفضت الرطوبة بسرعة إلى ١٠٪ يزداد معدل التبخر « ٩ » مرات تقريباً وعندما تزداد درجة حرارة الجو والخرسانة من ٥٠ – ٧٠ درجة فهرنهيت يتضاعف معدل التبخر وبزيادة درجة الحرارة إلى « ٩٠ » درجة فهرنهيت يزداد معدل درجة التبخر « ٤ » مرات .

وعندما تكون درجة حرارة الجو « ٤٠ » درجة فهرنهيت وبارتفاع درجة حرارة الخرسانة من ٦٠ : ٨١ درجة فهرنهيت يزداد معدل التبخر « ٣ » مرات المعدل العادى .

وسرعة الرياح من العوامل الهامة أيضاً حيث يصبح معدل تبخر الماء « ٤ » مرات المعدل العادى وذلك عندما تزداد سرعة

الرياح من صفر – ١٠ ميل / ساعة وعندما تزداد سرعة الرياح إلى ٢٥ ميل / ساعة يزداد معدل التبخر « ٩ » مرات .

وعموماً يزداد معدل التبخر فى الظروف الآتية :

أ) عندما تقل الرطوبة النسبية .

ب) عندما تزداد درجة حرارة الجو والخرسانة .

جـ) عندما تكون درجة حرارة الخرسانة أكبر من درجة حرارة الجو .

د) عندما تزداد سرعة هبوب الرياح فوق سطح الخرسانة .

واتحاد الحرارة والجو الجاف والرياح السريعة (بهذه الظروف شائعة فى شهور الصيف) يؤدى هذا إلى فقدان الرطوبة من سطح الخرسانة بمعدل أكبر .

جـ) درجة حرارة الأسمنت : تتأثر درجة حرارة الخلطة الخرسانية إلى حد ما بدرجة حرارة الأسمنت ويعزى هذا لانخفاض درجة حرارة الأسمنت النوعية وكمية الأسمنت الصغيرة نسبياً بالنسبة لحجم الخلطة .

والجدول التالى يوضح تأثير الاختلاف فى درجة حرارة الخرسانة والجو والرطوبة النسبية وسرعة الرياح على قابلية جفاف الخرسانة فى موقع العمل ومنه يلاحظ أن أنسب درجة حرارة لإنتاج خرسانة عالية المقاومة هى « ٧٠ » درجة فهرنهيت (حالة رقم ١٨) بالجدول والأسمنت يفقد الحرارة ببطء شديد عند التخزين وتنتج هذه الحرارة من سحق مادة كلنكر الأسمنت عند تصنيعه ونظراً لتأثير درجة حرارة الخرسانة الطازجة توصى بعض المواصفات على حدود لدرجة حرارة الأسمنت عند استخدامها وتوضح بعض نتائج التجارب العملية أنه من المرغوب جداً توصيف أعلى درجة حرارة مسموح بها للخرسانة التى تم خلطها حديثاً .

ز) يجب حماية الخرسانة بوضع مصدات الرياح فى اتجاهها عندما تكون الرياح السائدة فى الموقع شديدة التأثير .

ط) البدء فى أعمال المعالجة بمجرد الانتهاء من تصلد سطح الخرسانة بدرجة تكفى لمقاومة الخدش بتغطية الخرسانة بشرائح البلاستيك أو البوليثين أو الورق الغير منفذ للماء أو المواد الحافظة للماء مثل قش الأرز أو رش مركبات المعالجة الكيميائية على الخرسانة وتستخدم هذه الأنواع بعد النهو النهائى للخرسانة مباشرة.

ى) المحافظة على بقاء سطح الخرسانة مبلل باستمرار لتجنب وجود مناطق مبتلة وأخرى جافة أثناء فترة المعالجة .

ف) الاستمرار فى معالجة الخرسانة لمدة لا تقل عن « ٣ » أيام ويفضل أسبوع والماء لا يعتبر وسيلة لمعالجة الأسطح فقط بل يستخدم أيضاً لتبريدها .

قابلية الخرسانة للجفاف باوند/ قدم ٢ ساعة	سرعة الرياح	درجة نقطة البلل فهرنهيت	الرطوبة النسبية %	درجة حرارة الهواء فهرنهيت	درجة حرارة الخرسانة فهرنهيت	حالة رقم	ملاحظات لدرجة الحرارة والرطوبة
–,٠١٥	صفر	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	١	
–,٠٣٨	٥	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	٢	
–,٠٦٢	١٠	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	٣	(١) زيادة سرعة الرياح
–,٠٨٥	١٥	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	٤	
–,١١٠	٢٠	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	٥	
–,١٣٥	٢٥	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	٦	
–,٠٢٠	١٠	٦٧	٩٠	٧٠	٧٠	٧	
–,٠٦٢	١٠	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	٨	
–,١٠٠	١٠	٥٠	٥٠	٧٠	٧٠	٩	
–,١٣٥	١٠	٣٧	٣٠	٧٠	٧٠	١٠	(٢) انخفاض الرطوبة
–,١٧٥	١٠	١٣	١٠	٧٠	٧٠	١١	النسبية .
–,٠٢٦	١٠	٤١	٧٠	٥٠	٥٠	١٢	
–,٠٤٣	١٠	٥٠	٧٠	٦٠	٦٠	١٣	(٣) زيادة درجة حرارة
–,٠٦٢	١٠	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	١٤	الخرسانة والهواء .
–,٠٧٧	١٠	٧٠	٧٠	٨٠	٨٠	١٥	
–,١١٠	١٠	٧٩	٧٠	٩٠	٩٠	١٦	
٠,١٨٠	١٠	٨٨	٧٠	١٠٠	١٠٠	١٧	

قابلية الخرسانة للجفاف باوند/ قدم ٢ ساعة	سرعة الرياح	درجة نقطة البلل فهرنهيت	الرطوبة النسبية ٪	درجة حرارة الهواء فهرنهيت	درجة حرارة الخرسانة فهرنهيت	حالة رقم	ملاحظات لدرجة الحرارة والرطوبة
صفر	١٠	٧٠	٧٠	٨٠	٧٠	١٨	(٤) درجة حرارة
-,٠٦٢	١٠	٥٩	٧٠	٧٠	٧٠	١٩	الخرسانة ٧٠ درجة
-,١٢٥	١٠	٤١	٧٠	٥٠	٧٠	٢٠	فهرنهيت وانخفاض درجة
-,١٦٥	١٠	٢١	٧٠	٣٠	٧٠	٢١	حرارة الجو .
-,٢٠٥	١٠	٤٠	١٠٠	٤٠	٨٠	٢٢	(٥) ارتفاع درجة حرارة
-,١٣٠	١٠	٤٠	١٠٠	٤٠	٧٠	٢٣	الخرسانة ودرجة حرارة الجو
-,٠٧٥	١٠	٤٠	١٠٠	٤٠	٦٠	٢٤	٤٠ درجة فهرنهيت
							والرطوبة النسبية .
-,٠٣٥	صفر	٢٣	٥٠	٤٠	٧٠	٢٥	(٦) ارتفاع درجة حرارة
-,١٦٢	١٠	٢٣	٥٠	٤٠	٧٠	٢٦	الخرسانة ودرجة حرارة
-,٣٥٧	١٠	٢٣	٥٠	٤٠	٧٠	٢٧	الجو ٤٠ درجة فهرنهيت
							وسرعة الرياح متغيرة .
-,١٧٥	١٠	٥٠	٥٠	٧٠	٧٠	٢٨	(٧) انخفاض درجة حرارة
-,١٠٠	١٠	٥٠	٥٠	٧٠	٧٠	٢٩	الخرسانة ودرجة حرارة
-,٠٤٥	١٠	٥٠	٥٠	٧٠	٦٠	٣٠	الجو ٧٠ درجة فهرنهيت.
-,٠٧٠	صفر	٢٦	١٠	٩٠	٩٠	٣١	(٨) ارتفاع درجة حرارة
-,٣٣٦	١٠	٢٦	١٠	٩٠	٩٠	٣٢	الخرسانة والجو ونسبة
-,٧٤٠	٢٥	٢٦	١٠	٩٠	٩٠	٣٣	الرطوبة النوعية وسرعة
							الرياح متغيرة .

د) بعض النقاط التى يجب ذكرها لصب ونهو الخرسانة فى المناخ الحار :

تؤخذ بعض الاحتياطات البسيطة لضبط جودة الخرسانة فى الموقع يمكن بواسطتها توفير قدر كبير من تكلفتها والإجراءات الآتية تؤدى إلى زيادة مقاومة الخرسانة بعد فترة قصيرة من صبها وتكسبها قوة احتمال كبيرة إلى جانب أنها تقلل كثيراً من العيوب السطحية للخرسانة .

ـــ **درجة حرارة المواد الأساسية** : عند إجراء أعمال الخلط بالموقع تستخدم المواد الباردة وللمحافظة على بقائها باردة يجب تشوينها فى الظل كلما أمكن ورش الركام الكبير بالماء وحماية مصادر الماء من أشعة الشمس المباشرة وفى الأجواء شديدة الحرارة يتم ذلك بالتهوية أو استخدام الثلج كجزء من ماء الخلط ويجب أن يكون زمن ذوبان الثلج هو زمن تداول الخرسانة بعد خلطها ومعظم أصحاب محطات خلط الخرسانة الجاهزة بالمناطق الحارة يتبعون هذه الإجراءات حتى تصل الخلطة إلى موقع العمل فى حالة باردة .

ـــ **منع امتصاص ماء الخلطة** : يتم ذلك بترطيب طبقة الأساس فى أعمال الرصف وكذلك حديد التسليح والشدات الخشبية قبل صب الخرسانة مباشرة لكى تمنع هذه الإجراءات امتصاص الماء من الخلطة .

ـــ **رش الركام الكبير** : يجب رش الركام الكبير قبل إضافته إلى الخلطة لتقليل احتمالات امتصاص الماء من الخلطة :

ـــ بعد صب الخرسانة يجب دمكها وتسويتها فى الحال .

ـــ وضع أغطية مؤقتة تحفظ باستمرار مبللة فوق أسطح الخرسانة حديثة الصب وبسرعة بعد دمك وتسوية الخرسانة .

ـــ عندما تكون الخرسانة جاهزة لنهوها تبقى قطاعات صغيرة عند نهايتها غير مغطاة كدليل لعمال صب الخرسانة ثم تغطى الخرسانة بطريقة سليمة بعد النهو النهائى وتبقى هذه الأغطية مبللة باستمرار .

ـــ أى تأخير فى نهو الخرسانة ذات الهواء المحبوس فى الجو الحار سوف يؤدى إلى تكوين سطح يصعب نهوه .

ـــ يجب حماية سطح الخرسانة من التبخر عند صبها فى المناخ

الحار وفى وجود الرياح الجافة يجب منع الفقدان السريع للماء الذى يمكن أن يسبب شروخ نتيجة لانكماش الخرسانة .

ـ يجب حماية الخرسانة من ضوء الشمس المباشر فى الأيام الحارة وذلك بتركيب مظلات أو تأخير موعد أعمال الصب حتى وقت متأخر من النهار أو استغلال ما أمكن من ظلال المبانى المجاورة أو الأشجار .

٥) ملاحظة الأحوال الجوية : الأحوال الجوية أثناء العمل يجب تسجيلها أولاً بأول لأنها جزء من تسجيل العمل الدائم والرطوبة ودرجة الحرارة والرياح والسحاب وتلاحظ فى الموقع .

٦) عينات الاختبار فى المناخ الحار : يجب أخذ العينات (ملء مكعبات الاختبار ومعالجتها) فى المناخ الحار طبقاً للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M- C31) ويجب المحافظة على مكعبات الاختبار تحت الظل وبعد مرور يوم على أخذ المكعبات يجب نقلها إلى المعمل (أو أى موقع مناسب) حيث تعرض إلى المعالجة بالرطوبة طبقاً للطرق القياسية حتى يتم اختبارها .

٧) استخدام الإضافات : تستخدم الإضافات أحياناً فى المناخ الحار لتأخير زمن شك الخرسانة وتقليل الحاجة إلى إضافة الماء إلى الخلطة .

والعوامل المقللة للماء يمكن أن تكون مفيدة إذا لم تؤثر فى مقاومة الخرسانة والخواص الأخرى لها واستخدامها يجب التحكم فيه بعناية وهذه العوامل يجب استخدامها للمساعدة فى العمل وليست كبديل لبعض العناصر ويجب اختبار الإضافات بموقع العمل مع باقى المواد المستخدمة تحت ظروف العمل وتجرى لتحسين الخرسانة وتجانسها مع باقى العناصر الإنشائية الأخرى وقدرتها تحت هذه الظروف على إنتاج الخواص المطلوبة منها .

ثانياً : أعمال صب الخرسانة فى المناخ البارد :

١) تأثير درجة حرارة الخرسانة :

درجة الحرارة لها تأثير على معدل تصلد الخرسانة وكذلك على معدل تميؤ الأسمنت وانخفاض درجة الحرارة يؤخر تصلب الخرسانة واكتسابها المقاومة المطلوبة وبالقرب من درجة التجمد تقل قدرة الخرسانة على اكتساب مقاومتها .

واكتساب مقاومة الخرسانة يتوقف تماماً عندما ينفذ الحصول على الرطوبة المطلوبة لمعالجتها الخرسانة لمدة طويلة والخرسانة التى تم صبها فى درجة حرارة منخفضة يمكن أن تكتسب مقاومة أعلى من المقاومة التى تكتسبها الخرسانة فى درجات الحرارة العالية ولكن معالجة الخرسانة فى الأجواء الباردة يجب أن تأخذ زمناً طويلاً لإتمامها .

٢) بعض النقاط التى يجب مراعاتها لصب ونمو الخرسانة فى المناخ البارد :

أ) يجب إعداد الموقع بوسائل المعالجة الحرارية المناسبة وبالمواد العازلة لحماية الخرسانة والمحافظة على درجة حرارتها عند ٧٠ درجة فهرنهيت أو أكثر لمدة يومين أو ٥٠ درجة فهرنهيت لمدة ٣ أيام .

ب) **تسخين الماء :**

يجب أن تتراوح درجة الحرارة للخرسانة عند صبها فى الفرم بين ٥٠ - ٧٠ درجة فهرنهيت وذلك للأسطح الكبيرة عندما تكون درجة حرارة الجو بين ٣٠ - ٤٠ درجة فهرنهيت حيث يتم تسخين ماء الخلط لمنع الشك المفاجىء للخرسانة وفى بعض المناطق الباردة يتم تسخين الركام (الصغير وأحياناً الكبير) .

جـ) **استخدام المعجلات :**

يجب أن يتم استخدام المعجلات بعناية ويستخدم لذلك حوالى ١ رطل من كلوريد الكالسيوم لكل شيكارة أسمنت ولا تزيد عن شيكارة لتجنب حدوث الشك المفاجىء للخرسانة .

د) **معالجة الخرسانة :**

تفقد الخرسانة التى تم صبها فى الفرم أو تم تغطيتها بمادة عازلة كمية ملحوظة من الرطوبة فى درجة حرارة ٤٠ إلى ٥٠ درجة فهرنهيت وهذا يؤثر فى معالجة الخرسانة التى تعتبر ضرورية فى المناخ البارد وتتم المعالجة باستخدام الماء لمنع جفاف الخرسانة .

والبخار وسيلة ممتازة للمعالجة لأنها تمد الخرسانة بالحرارة والرطوبة معاً وهى طريقة عملية فى المناخ البارد والمعالجة بالأغطية المبللة على سطح الخرسانة يمكن استخدامها بعد المعالجة بالماء أو البخار وبعد إزالتها يمكن استخدام مركبات المعالجة .

ويمكن الحفاظ على درجة حرارة الخرسانة باستخدام الوسائل الصناعية العازلة (الصوف أو البيتومين) وقدرة هذه الوسائل على العزل يمكن تحديدها بواسطة ترمومتر ملاصق لسطح الخرسانة أسفل هذه الوسائل الخاصة بالعزل وإذا انخفضت درجة الحرارة عن المسموح بها يجب استخدام وسائل عازلة إضافية .

هـ) **إزالة الشدات** : يجب إعطاء الوقت الكافى للخرسانة للوصول إلى المقاومة المطلوبة قبل إزالة الشدات الخاصة بها ، وإذا تم فك هذه الشدات بسرعة فإن زوايا وحروف الخرسانة تتشقق ويجب لذلك بقاؤها فى مكانها حتى تحصل الخرسانة على المقاومة الكافية وبحيث تكون قادرة على حمل وزنها بالإضافة إلى أى أحمال أخرى يمكن أن توضع عليها أثناء عملية الإنشاء .

وباتباع الإجراءات المذكورة يمكن الحصول على خرسانة ذات مقاومة عالية دون حدوث أى صعوبة فى نموها أو ظهور عيوب نتيجة لصب الخرسانة فى هذا المناخ البارد .

٦) **الدمك** : تشمل عملية الدمك الغز والهز مما يجعل الخرسانة تنساب حول أسياخ التسليح وتغلفها بحيث تملأ كافة فراغ القالب للمنسوب المطلوب .

يجوز الدمك بالأدوات اليدوية إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل هزازات الأسطح وعلى العموم فإنه يوصى باستخدام الهزازات حيث إنها تقلل من مدة الدمك وتمكن من تخفيض نسبة الماء للأسمنت فى الخلطة مما يؤدى إلى خرسانة أعلى جودة ويلزم أن يقوم بعملية الدمك شخص مدرب بحيث لا يترك مكاناً بدون دمك ولا يطيله بحيث يحدث انفصال حبيبى فى مواد الخرسانة وطفو كميات كثيفة من لبانى الأسمنت على سطحها .

ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأى حال فى قلقلة الخرسانات السابق صبها أو زحزحة تسليحها حتى لا تكون فراغات فى الخرسانة أو حول أسياخ التسليح ومهما كانت الطريقة يجب أن يستمر الدمك حتى ينعدم التعشيش ويمتنع ظهور الفقاقيع الهوائية وتصل الخرسانة إلى أقصى كثافة .

٧) **فواصل الصب** : فاصل الصب هو الفاصل بين ضبتين متجاورتين انقضى بين إجرائهما فترة من الزمن بسبب عدم إمكان إجراء الصب بأكمله فى عملية مستمرة . ويراعى عند اختيار مواقع فواصل الصب وإجرائها الشروط والاحتياطات التالية .

أ) أن تكون الفواصل فى الكمرات عند نقط الانقلاب المجاورة للركائز التى تم صبها .

ب) أن تكون الفواصل فى المواقع التى تقل عندها قوى القص ما أمكن ويجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة .

جـ) يجوز فى حالة البلاطات عمل الفواصل منتصف عرض الكمرات الحاملة لها .

د) تعمل الفواصل بين الأعمدة والكمرات مع منسوب قاع تلك الكمرات أو قاع مشاطيفها إن وجدت .

هـ) تعمل الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند هذا الاتصال وعند وجود مشاطيف فى البلاطات يكون صبها مع البلاطات .

و) عند استئناف الصب بعد يوم أو أكثر ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير ثم تزال الأوساخ والمواد السائبة ثم يغسل بالماء حتى يتشبع وبعدئذ توضع مونة بتركيب مماثل لمونة الخرسانة بالقدر الذى يكفى لتغطية الركام الظاهر وبعدئذ يستأنف الصب .

٩) **فواصل الانكماش** : فى الحالات التى يكون فيها شروخ الانكماش جوهرياً كما فى عمليات إنشاء البدرومات ذات المسطحات الكبيرة يمكن الاستفادة من عمل فواصل الانكماش . وفى هذه الحالات يوصى بتقسيم الأرضية إلى مجموعة من الأجزاء وأن يصب أولاً كل ثانى جزء ، ثم تصب فيما بعد الأجزاء الباقية بعد أن تكون الأولى عولجت وجفت . وإلا فإنه من الأفضل ترك مجارى بعرض من ٢٠ إلى ٣٠ سم مثلاً بين الأجزاء المختلفة ، ولا تصب هذه المجارى إلا بعد أن تكون الأجزاء المجاورة لها قد جفت بعد المعالجة ويجب أن تزود جوانب المجارى بمفاتيح كما يجب استمرار هذه المجارى إلى أعلى فى أى حائط يتقاطع معها .

ب) يجب ألا تتعرض البدرومات لضغط المياه الجوفية لمدة تتراوح من ثلاثة إلى خمسة أيام بعد الصب . وذلك لمنع تسرب المياه خلال الخرسانة أو لمدة تكفى لتصلد الخرسانة فى حالة ما إذا كان ضغط الماء يسبب إجهادات ذات بال فى أعضاء المنشأ . وخلال هذه المدة يلزم حفظ منسوب المياه الجوفية منخفضاً إلى مستوى مناسب باستخدام الطلمبات وإلا فإنه يلزم غمر المنشأ بالماء ليتعادل الضغطان الداخلى والخارجى .

١٠) **فواصل التمدد** : تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد كما يلى :

٤٥ متراً فى المناطق عالية الرطوبة .
٤٠ متراً فى المناطق الرطبة .
٣٥ متراً فى المناطق متوسطة الرطوبة .
٣٠ متراً فى المناطق الجافة .

على أن يسمح بزيادة هذه المسافات بمقدار أعظمى لا يزيد عن ثلث القيم المبينة أعلاه على أن يؤخذ عندها تأثير التغيرات الحرارية وتقلص (انكماش) البيتون بالاعتبار فى تصميم العناصر المختلفة للمنشأ .

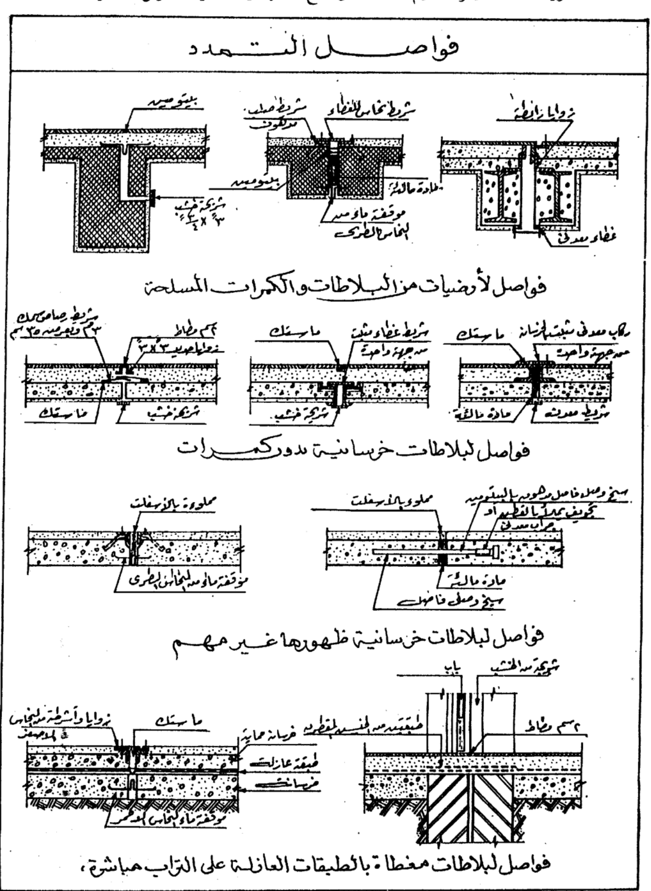
ملحوظة :

والرسومات التالية تبين فواصل التمدد للآتى :
أ – فواصل الأرضيات من البلاطات والكمرات المسلحة .
ب – فواصل للبلاطات الخرسانية بدون كمرات .
جـ – فواصل لبلاطات خرسانية ظهورها غير مهم .
د – فواصل مغطاة بالطبقات العازلة على التراب مباشرة .

١١) **وقاية الخرسانة ومعالجتها :**

أ) يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع خصوصاً فى حالة الجو الحار أو الجفاف أو للعاصفة وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذى يصبح فيه السطح صلداً بدرجة كافية بحيث يمكن رشه بالماء وتغطيته بمادة رطبة .

ويجب حفظ الخرسانة باستمرار ابتداء من وقت تصلد السطح بدرجة كافية لمدة لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى وثلاثة أيام عند استعمال الأسمنت سريع التصلد . ويتم ذلك برشها جيداً بالماء أو بتغطية السطح بخيش أو رمل أو قش أو حصير أو بأى مادة مناسبة مع حفظها فى حالة رطبة بالرش المستمر .



ب) يجب ألا تتعرض الخرسانة فى أيامها السبعة الأولى من صبها لماء يحوى أملاحاً ضارة .

جـ) يجب ألا تتعرض الخرسانة لضغوط من جانب واحد نتيجة ماء جوفى أو ردم ترابى لا سيما المشبع منه بالماء إلا بعد أن تصل الخرسانة إلى مقاومتها المقررة .

ـــ اختبارات المواد الداخلة فى تركيب الخرسانة :

فى حالة الشك فى جودة أى مادة من المواد المكونة للخرسانة تجرى عليها الاختبارات الواردة فى المواصفات القياسية .

ـــ اختبارات الخرسانة :

١) **عموميات** : تجرى اختبارات أولية على خرسانة مجهزة بنفس الكيفية والوسائل التى سوف تجهز بها أثناء التنفيذ ويعمل من أجل ذلك ستة قوالب قياسية ثلاثة منها تختبر فى مقاومة الضغط بعد ٧ أيام والثلاثة الباقية بعد ٢٨ يوماً : كما يجرى اختبارات الموقع على عينات مأخوذة من نفس خرسانة التنفيذ (بمعدل ٦ قوالب على الأقل لكل ١٠٠م٣ خرسانة أو للمنشأ أو لكل يوم صب إذا زادت كمية الخرسانة المصبوبة فيه عن ١٠٠م٣) وتجرى لها اختبارات مقاومة الضغط المذكورة فيما بعد .

٢) **الاختبارات الأولية المعملية على عينات الخرسانة:**

تستخدم هذه الطريقة لاختبار الضغط على الخرسانة فى المعمل حيث يمكن التحكم فى نسب المواد للحصول على الخلطة الخرسانية ذات الخواص المطلوبة وذلك باتباع ما يلى :

أ) **صنع الخرسانة** : يجب أن تشابه المواد والنسب المستعملة فى عمل عينات الاختبار تلك التى ستستعمل فى الموقع ما أمكن . ويراعى حفظ المواد اللازمة للخلط فى أوعية محكمة بالمعمل لحين إجراء الاختبارات عليها . ويراعى جعل المواد فى درجة حرارة تتراوح بين ٢٠م و ٣٠م قبل البدء فى الاختبارات على أن يكون الركام المستعمل جافاً . وتقدر الكميات اللازمة من الأسمنت والركام والماء المراد خلطه بالوزن وتخلط الخرسانة باليد أو خلاط صغير بحيث يمكن تجنب فقد الماء .

وإذا تم خلط الخرسانة باليد فإنه يلزم أولاً خلط الأسمنت والركام الصغير على الناشف حتى يتجانس المخلوط فى اللون ثم تضاف إلى الركام الكبير وتخلط جميعاً معاً . وأخيراً يضاف الماء ويخلط الجميع بعناية حتى تظهر الخرسانة الناتجة متجانسة لها القوام المطلوب . وإذا أجريت عملية الخلط باستعمال الخلاط توضع فيه المواد وتخلط بعناية حتى تتجانس الخرسانة الناتجة فى اللون فى مدة لا تقل عن دقيقتين .

ب) **تجهيز عينات الاختبار** : يكون قالب عينات الاختبار على شكل مكعب أو منشور أو أسطوانة . ويراعى أن تكون أوجه القالب وقاعدته من معدن جيد الصنع حتى يمكن الحصول على عينات ذات أوجه مستوية ومتوازية . وعلى أنه يجب دهان الأوجه الداخلية للقالب والقاع الخاص به بزيت خفيف قبل وضع الخرسانة .

وتحضر عينة الاختبار بوضع الخرسانة الطازجة فى القالب على طبقات سماكة الطبقة الواحدة ٥ سم تقريباً ويتم دمك كل طبقة بعناية بقضيب صلب قياسى يزن ٢ كيلو جرام بطول حوالى ٤٠ سم وبنهاية مربعة المقطع مقاس ٢,٥ × ٢,٥ سنتيمتر . وتدمك كل طبقة بالدق بهذا القضيب ٢٥ مرة ويمكن بدلاً من ذلك دمك الخرسانة بالهز المناسب .

وتعالج العينات بحفظ القوالب فى رطوبة عالية لا تقل عن ٩٠٪ وعند درجة حرارة تتراوح بين ٢٠° – ٣٠°م لمدة أربع وعشرون ساعة ثم تفك بعد ذلك وتوضع العينات تحت الماء فى درجة حرارة (٢٠ ± ٢°م) إلى حين موعد اختبارها .

جـ – **طريقة الاختبار** : تعمل اختبارات الضغط بوضع عينة الاختبار بين لوحين من الصلب ناعمة الأسطح ويتم تعريضها إلى حمل ضغط محورى بمعدل حوالى ١٤٠ كجم / سم٢ فى الدقيقة . ويجب أن تكون مكنة الاختبار ذات قاعدة بمرتكز كروى .

اختبارات الموقع :

١ – تستخدم هذه الطريقة فى اختبارات ضغط الخرسانة التى أخذت عيناتها أثناء التشغيل .

أ) **تحضير عينات الخرسانة** : تؤخذ الخرسانة اللازمة لعينات الاختبار عند وضعها فى القالب للتأكد من أنها تمثل الخرسانة فى المنشأ ويلزم أخذ عدة عينات من مناطق متفرقة بحيث تكون كل عينة كافية لعمل العينات اللازمة للاختبار ويجب بيان المناطق التى أخذت منها هذه العينات .

ب) **تحضير عينات الاختبار** : تجهز العينات طبقاً لما جاء فى الطريقة السابقة للاختبار المعملى .

جـ) **معالجة عينات الاختبار** : تحفظ عينات الاختبار فى الموقع فى مكان بعيد عن أى اهتزاز فى أوعية رطبة لمدة ٢٤ ± $\frac{١}{٢}$ ساعة حيث تستخرج بعدها من القوالب وتتعرض لنفس الظروف المعرض لها المنشأ من معالجة حتى تاريخ الاختبار ثم تعبأ العينات التى سوف ترسل للمعمل لاختبارها تمهيداً لنقلها فى رمل رطب فى غضون ٢٤ ساعة قبل اختبارها .

د) **طريقة الاختبار** : تختبر العينات بنفس طريقة الاختبار المعملى السابقة .

٢) على أنه يفضل فى كثير من الأحيان إجراء اختبارات الموقع على عينات من الخرسانة تؤخذ وتحضر بنفس الكيفية المبينة سابقاً ثم تحفظ فى أوعية رطبة لمدة ٢٤ ساعة ± ١/٢ ساعة حيث تستخرج من القوالب ثم تعبأ فى رمل رطب أو أى مادة أخرى رطبة مناسبة وتنقل مباشرة إلى المختبر حيث تحفظ فى الشروط النظامية (تحت الماء وبدرجة حرارة ٢٠ ± ٢°م) حتى تاريخ اختبارها . ويجب فى هذه الحالة ألا تقل مقاومتها المتوسطة عن المقاومة المميزة للخرسانة وألا يزيد الفرق بين القيمة العظمى والقيمة الصغرى عن ٢٠٪ من متوسط مقاومتها . والغاية من هذا النوع من اختبارات الموقع هو مراقبة تصنيع الخرسانة ونقلها إلى حين صبها للتأكد من صلاحية النسب المعتمدة للخلطة الخرسانية واستمرار مطابقة خواص المواد المستعملة على خواصها التى اعتبرت عند إجراء الخلطات التجريبية وأيضاً للتأكد من صحة خلط الخرسانة ونقلها إلى موقع الصب وبشكل عام للتحقق من مدى مطابقة خواص الخرسانة عند صبها مع تلك التى حددت لها .

ـــ **التفتيش على الخرسانة بعد صبها** : بمجرد فك القوالب يجب التفتيش على الخرسانة بعناية ويجب إصلاح كافة العيوب بأسرع وقت ممكن وتكون طريقة الإصلاح كما يلى :

تزال الأجزاء المفككة ويبلل الموضع بالماء لمدة ٢٤ ساعة ثم تملأ بخرسانة مماثلة من زلط رفيع إن كانت الفجوة كبيرة أو بمونة لا تقل نسبة الأسمنت بها عن ٨٠٠ كجم للمتر المكعب رمل مع استخدام أقل نسبة من ماء الخلط ويفضل استخدام مدفع الأسمنت كلما أمكن ذلك وبخاصة فى الأسطح السفلية .

فى حالة الشك بمقاومة الخرسانة فى عنصر ما يمكن أخذ جزرات أسطوانية متصلبة منه بقطر حوالى ١٠ سم واختبارها على الضغط . وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط مقاومة الجزرات لا يقل عن ٠,٨٠ من المقاومة المميزة المطلوبة للخرسانة فى العنصر . وبشرط ألا يزيد الفرق بين المقاومة العليا والمقاومة الدنيا للجزرات عن ٢٥٪ من متوسط مقاومتها . فإذا لم يتحقق هذا الاشتراط فيجب إجراء اختبار تحميل .

ـــ **اختبارات تحميل المنشآت الخرسانية** : تجرى اختبارات التحميل على المنشأ بعد إتمامه إذا طلب ذلك فى مواصفات العملية أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك فى كفاءة المنشأ من حيث متانته .

ولا يجوز إجراء هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من ابتداء تصلد الخرسانة ويختبر جزء المنشأ المراد اختباره بتعرضه لحمل مقداره مرة ونصف الحمل الحى المنصوص عليه فى التصميم إلى حمل مكافىء لجميع الأحمال الميتة فى صورتها النهائية (من أرضيات وقواطيع ... إلخ) ويترك هذا الحمل لمدة ٢٤ ساعة قبل رفعه .

وفى أثناء الاختبارات يجب وضع قوائم متينة بالعدد الكافى تتحمل الحمل بأكمله ويكون وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ مناسب تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بحدوث الانحناء المتوقع .

وفى خلال ٢٤ ساعة من رفع مرة ونصف الحمل الحى إذا لم يختف ٧٥٪ على الأقل من سهم الانحناء الأعظم الذى ظهر بعد التحميل فى مدة الأربع والعشرين ساعة يجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة .

ويعتبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم تختف على الأقل ٧٥٪ من سهم الانحناء الذى ظهر أثناء الاختبار الثانى .

أما إذا ظهر على أى جزء من المنشأ أثناء الاختبارات أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير منتظر أو خطأ فى طريقة الإنشاء وجب على المصمم اتباع أى من أو بعض الحلول الآتية :

ـــ وضع ركائز إضافية إن أمكن .
ـــ عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الحية أو تحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة .
ـــ عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميتة .
ـــ عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكى إن وجد .
ـــ ويعتبر المبنى غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية .

التفاوت المسموح به :

١) التفاوت المسموح به فى الأبعاد :

إن التفاوت المسموح به فى أى بعد d مقاساً بين أسطح متقابلة أو بين أضلاع أو بين تقاطعات أضلاع يحدد بـ :

$\frac{1}{4}\sqrt[3]{d}$ cm فى حالة المنشآت العادية .

$\frac{1}{6}\sqrt[3]{d}$ cm فى حالة المنشآت التى تتطلب دقة استثنائية .

٢) التفاوت المسموح به فى الاستقامة العمودية :

إن التفاوت المسموح به فى الاستقامة العمودية لعنصر ارتفاعه h يحدد بـ $\propto \sqrt[3]{h}$ سم حيث تحدد $\propto$ من الجدول التالى :

$\propto \sqrt[3]{h}$	منشآت عادية	منشآت ذات استثنائية
عناصر حاملة ذات أوجه رأسية	$\propto = 0.33$	$\propto = 0.2$
عناصر حاملة ذات أوجه غير رأسية	$\propto = 0.40$	$\propto = 0.25$
عناصر غير حاملة	$\propto = 0.50$	$\propto = 0.33$

يقصد « بعنصر حامل » العنصر المخصص لنقل الأحمال الرأسية كالأعمدة والدعائم الكبرى إذا كان مثل هذا العنصر ذى وجهين رأسيين والوجهين الآخرين مائلين يجب أن تتبع التفاوتات المذكورة فى أول صف من الجدول فى الاتجاه العادى ذات الأوجه الرأسية وتفاوتات الصف الثانى فى الاتجاه العمودى .

ويقصد « بعنصر غير حامل » العنصر غير المخصص أساساً لنقل الأحمال الرأسية ولكن عنصر كهذا ليس بالضرورة أن يكون عنصراً غير محمل .

٢) التفاوت المسموح به فى الاستقامة الطولية : يميز التفاوت المسموح به فى الاستقامة الطولية على ضلع مستقيم (أو على كل راسم مستقيم لمستوى مسطح) بأقصى سهم للترخيم المقبول لكل جزء طولى من هذا الضلع (أو من هذا الرسم) وهى محددة عند : $\frac{L}{300}$ (بحد أدنى ١ سم) فى حالة المنشآت العادية و $\frac{L}{500}$ (بحد أدنى ١ سم) فى حالة المنشآت التى تتطلب دقة استثنائية .

التفاوت المسموح به فى التسليح :

١) التفاوت المسموح به بين أدنى أبعاد لأسياخ التسليح (وبين الجدران) .

أ) بالنسبة للأوجه المصبوبة على قاع القالب (أفقى أو مائل) فالتفاوت فى أدنى مسافة بين كل سيخ تسليح والجدار محددة بعشر (0.10) هذه المسافة . يفترض احترام هذا التفاوت استخدام سنادات ذات أبعاد دقيقة .

ب) بالنسبة للأوجه المصبوبة على الجدران الجانبية للقوالب (أو على الأوجه العليا العمودية للقوالب) فإن التفاوت المسموح به لأدنى بعد بين كل سيخ تسليح والجدار محددة بخمس (0.20) هذه المسافة .

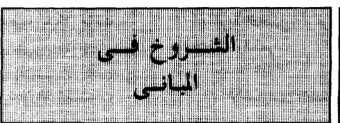
جـ) بالنسبة للأوجه العليا المسواه وغير مقبولة فإن التفاوت المسموح به فى المسافة بين كل سيخ تسليح وهذا الوجه محددة بربع (0.25) هذه المسافة .

٢) فى الاتجاه الذى يكون لتحرك الأسياخ أسوأ الأثر على مقاومة العنصر فإن التفاوت المسموح به فى كل وضع أسياخ التسليح الرئيسية (المخصصة لنقل الإجهادات العادية المؤثرة على قطاعات المستقيمة فى العنصر : كمرة ، بلاطة ، لوح ، قشرة ... إلخ) بالنسبة للوضع الموقع فى الرسومات التنفيذية ، هذا التفاوت محدد بعشر (0.10) سمك الخرسانة الكلى فى هذا الاتجاه ، بحد أقصى ١ سم للكمرات و 0.5 سم للبلاطات ، والألواح ، والقشرات ... إلخ) .

٣) فى الاتجاه العمودى على السابقة فالتفاوت المسموح به محدد بنصف (0.50) المسافة حتى أقرب سيخ تسليح (إذا وجد) بحد أقصى ١ سم فى كل الحالات .

٣) التفاوت المسموح به فى وضع التسليح العرضى : بالنسبة للتسليح العرضى العناصر الموشورية مثل الإطارات والأساور (الكانات) فالتفاوت المسموح به فى وضع الأسياخ فى الاتجاه الطولى بالنسبة للوضع الموقع فى الرسومات التنفيذية محددة بعشر (0.10) المسافة بين أسياخ التسليح العرضى المتتالى بحد أقصى ٢ سم .





الفصل الأول

الملخص المنهجى الذى يجب اتباعه فى ملاحظة تصدع المبانى :

كيفية تحديد أسبابها ، وطرق تقييم متانتها، ودرجة أمانها الفعلية وتحديد الإصلاحات أو التدعيم المناسب والاختبار للحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم وتعداد أهم طرق إصلاح التصدعات . والتى تتلخص فى التالى :

١) لقد أصبح ثابتاً بأن الحوادث الهندسية ووقوع العيوب والتصدعات هى ضريبة غالية تدفعها الإنسانية من أجل التقدم التقنى ، فإذا تمت الاستفادة من هذه التجارب الفاشلة فإنها تصبح درساً مفيداً فى العلوم الهندسية مستقبلاً ، حيث إن تطور العلوم والتقنية لا يتم إلا بالتحليل المتعمق للأخطاء والحوادث الحاصلة واستخلاص النتائج والدروس المفيدة التى تدفع عجلة التطور التقنى للأمام باتجاه الأفضل .

ترتبط مسألة ظهور العيوب والتصدعات فى المنشآت بشكل أساسى بعدة مسببات رئيسية يذكر منها أخطاء التصميم أو التنفيذ أو الاستثمار .

٢) **ملاحظة التصدع** : يتعرض المنشأ لسبب ما إلى تصدعات مختلفة قد تكون واضحة للعيان أو غير واضحة وتتم ملاحظة التصدع من قبل مهندس متمرس فى هذا المجال وعليه أن يحدد ماهية هذا التصدع (أسبابه وتشخيصه) ثم اتخاذ القرار المناسب لإصلاح هذا التصدع ، وكيفية إصلاحه وأنجح الحلول المقترحة لذلك .

فى بعض الحالات الخاصة تكون التصدعات غير واضحة تماماً للمهندس ، فى هذه الحالة لا بد من وجود جهة خبيرة ومتمكنة فى مجال المعاينة والتشخيص لاتخاذ الإجراء المناسب .

بناء على ما تقدم أصبح من الضرورى فحص المنشآت من جهة خبيرة دورياً ومراقبتها وملاحظة التصدعات إن وجدت (وخاصة المنشآت ذات الأهمية الاقتصادية كالمصانع .. وكل المرافق الحيوية) ونقترح هذه الفترات الدورية للمراقبة كل عشرة أعوام .

٣) **تحديد أسباب التصدع** : إن مسألة تحديد أسباب التصدعات تعتبر أكثر المراحل أهمية وتعقيداً ويجدر بالذكر أنه لا يمكن استخدام قواعد وأسس ثابتة تعتمد عليها فى تحديد أسباب تصدعات المنشأ لكن لا بد من الاستفادة من الشروط المحلية للحالة المعالجة . فكل حالة تصدع لها خصائصها الذاتية التى يجب أن يتفهمها المهندس الإنشائى ومن ثم يستطيع أن يشخص طبيعة التصدع ووضع الحلول السليمة والمناسبة .

يوصى عادة عند قيام المهندس فى تحديد أسباب التصدع استخدام مبدأ استبعاد الاحتمالات غير الممكنة بالتالى، أى: توضع جميع الأسباب المحتملة للتصدع ثم يشرع بصورة منهجية بحذف كل سبب منها غير محتمل وهكذا حتى يبقى سبب أو أكثر للتصدع .

يستطيع الخبير المتمرس واعتماداً على طبيعة الشقوق المتولدة فى المنشأ المتصدع باستقراء هذه التصدعات أن يحدد أسبابها بدقة كافية .

يوصى عادة عند المشروع فى تحديد أسباب التصدعات فى منشأ اتباع الخطوات التالية :

أ) الامتحان المنهجى للمنشأ المتصدع وإنشاء مصور توضيحى للشقوق والتصدعات فيه .

ب) تتبع هبوط المنشأ وسلوكه والمنشآت المجاورة له .

جـ) جمع كل المعلومات الضرورية عن المنشأ المتصدع والمنشآت المجاورة له .

د) دراسة جميع المصورات والرسومات والوثائق التنفيذية للمنشأ المتصدع .

هـ) إجراء الاختبارات الضرورية عند مناسيب التأسيس وفى المناطق الحرجة .

٤) **تقييم متانة المنشأ المتصدع ودرجة أمانه الفعلية :**

يكون المنشأ عادة فى الاستثمار عند ملاحظة علامات التصدع بموجب فى المرحلة الأولى وبشكل فورى دراسة علامات التصدع من قبل جهة خبيرة متخصصة واتخاذ القرار بالسرعة القصوى حول إمكانية الاستمرار فى استخدام المنشأ المتصدع بشكل عادى أو تقييد شروط الاستثمار ، أو إخلاء

المنشأ إن لزم ، أو العمل على تدعيمه بشكل مؤقت .

أما فى المرحلة الثانية فيتوجب تقييم متانة المنشأ المتصدع ودرجة أمانه الفعلية واتخاذ القرار المناسب إن كان يحتاج إلى تدعيم وتحديد الإصلاحات الواجبة لإزالة التصدعات .

تعد مسألة تقييم متانة المنشأ معضلة إنشائية تتطلب درجة عالية من الخبرة والحس الهندسى السليم ولا يمكن معالجتها بالتحقق الحسابى فقط ، إنما يتوجب أن يعتمد القرار المتخذ على فهم عميق لفلسفة أمان المنشأ تبعاً لدرجة أهميته .

واعتماداً على طبيعة التصدع يمكن للمهندس أن يقيم بشكل أولى درجة الخطورة للمنشأ المتصدع ، فعلى سبيل المثال لا تعد أغلب التشققات الناجمة عن الأفعال غير المباشرة (خاصة فى المقاطع غير الحرجة) خطرة ، إنما يتوجب إصلاحها ومنع حدوثها مرة ثانية .

وتعد التشققات الحاصلة عن التشطيب (التكسير) (فى الأعمدة أو الكمرات فى قطاعاتها الحرجة) خطرة جداً ، ويتوجب اتخاذ القرار المناسب بالسرعة القصوى لأنها تمثل حالة حد انهيار لهذه العناصر .

وعلى أى حال ، يكون المهندس الباحث هو صاحب القرار فى تحديد درجة الخطورة فى المنشأ المتصدع ، والسؤال المطروح : كيف يتم تقييم المتانة الفعلية لمنشأ ما متصدع ؟ يتم ذلك بإحدى الطرق التالية :

أ) **طريقة النسب المحددة** : تتلخص هذه الطريقة : بأنه عندما تنفذ العناصر الإنشائية وفقاً للتصميم ، وتكون المقاومة الفعلية لمادة الإنشاء (وهى الخرسانة المسلحة) أقل من المقاومة المطلوبة فى التصميم فيمكن قبول نسبة معينة للنقص ، وتعد جميع العناصر التى تقل مقاومتها عن المطلوب بنسبة تزيد عن النسبة المحددة فتعد غير مقبولة وتحتاج لإصلاح وتدعيم .

اعتماداً على الخبرة المتراكمة تقترح النسب المعتمدة التالية لانخفاض المقاومات للعناصر الإنشائية المسموح بها .

فى العناصر الخاضعة للضغط (الأعمدة أو الجدران الحاملة) .. لا تزيد عن ١٥٪ فى العناصر المعرضة للانحناء (كمرات ، بلاطات ، وما شابهه) لا تزيد النسبة عن ٢٠٪ وعلى كل حال ، فيتوجب دائماً التحقق من درجة الأمان الفعلية للمنشأ المنفذ وبناء على ذلك تحدد النسب المسموحة لانخفاض مقاومات العنصر .

ب) **الاختبارات اللازمة لتقيم متانة المنشأ** :

يقوم المهندس عند تقييمه لمتانة المنشأ المشكوك به بجعله من الاختبارات أهمها :

أ) **تجربة التحميل** : وتجرى للعناصر المعرضة للانحناء مثل (البلاطات والكمرات ..) المشكوك بها وتجرى وفق الأصول الفنية المعتمدة محلياً .

ب) **الاختبارات المتلفة** : وتتلخص بأخذ عينات من الخرسانة المتصلبة واختبارها حتى الكسر وتحديد المقاومة الفعلية للخرسانة المسلحة .

جـ) **الاختبارات الغير متلفة** : مثل النبضات فوق الصوتية والمطرقة الخرسانية .

وينوه بأن هذه التجارب للاستئناس وليست ملزمة لتحديد المقاومة ، وفى كل الحالات يبقى القرار النهائى للمهندس فى قبول هذه العناصر .

٥) **تحديد الإصلاحات المطلوبة** :

بناء على ما تقدم يمكن أن يصل المهندس إلى قرار فنى بضرورة إجراء الإصلاح أو التدعيم للبناء فالسؤال المطروح : كيف يتم اختيار أفضل حل للإصلاح ؟ يختار الحل المناسب بعد معرفة سبب التصدع وتقييم متانة المنشأ الفعلية واعتماداً على أولويات المتطلبات التالية : الأمان ، أو الاقتصاد ، أو المظهر حيث تختلف هذه من عنصر لآخر . تلخص احتمالات القرار الفنى المتخذ كالآتى :

أ) **التصدعات الحاصلة لا تشكل خطورة إنشائية** : فى هذه الحالة لا بد من وضع المنشأ تحت المراقبة لفترة محددة من الزمن لمعرفة هل التصدعات نشطة أم تتوقف أو وصلت لمرحلة الخمود .

إذا وصل المنشأ لدرجة الثبات وكانت التشققات غير معيبة فليس من الضرورى فى هذه الحالة إجراء عمليات صيانة أو تدعيم . أما إذا كانت التشققات معيبة ففى هذه الحالة لا بد من إصلاح هذه الشقوق وإزالة عيوبها .

ب) **التصدعات الحاصلة غير خطرة فى وضعها الراهن** : فى هذه الحالة إذا أثبتت المراقبة بأن التصدعات نشطة مع الزمن فيجب دراسة المسألة وتقرير الأمثل اقتصادياً : تدعيم المنشأ فوراً ، أو التريث لفترة محددة من الزمن ثم إجراء الإصلاح والتدعيم .

جـ) **التصدعات الحاصلة خطرة فى وضعها الراهن** : فى هذه الحالة يتوجب دراسة كلفة حل التدعيم حيث يجب ألا تزيد عن ٥٠٪ من كافة إعادة المنشأ أما إذا زادت الكلفة عن ٥٠٪ فيفضل هدم العناصر وإعادة بنائها إن لم يوجد مانع آخر . وينوه بأنه هنالك حالات عديدة يختار حل التدعيم مهما كانت كلفته وظيفى أو تنفيذى أو إجمالى ... إلخ .

ويتوجب على المهندس دائماً اختيار الحل الأمثل للتدعيم ويتم ذلك كالآتى :

٦) اختيار الحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم :

يختار الحل الأمثل للإصلاح أو التدعيم بعد معرفة أفضليات متطلبات المنشأ وهى : الاقتصاد ، أو الوظيفة ، أو التنفيذ أو الجمال وتؤخذ بالحسبان العوامل الآتية :

— **يجب أن يشتمل تكاليف الإصلاح** : التكاليف اللازمة للتنفيذ والصيانة وفائدة كلفة الإصلاح الممكن تأجيله علماً بأنه يتوجب تنفيذ الإصلاح فى الوقت المناسب لأن التأخير يزيد التكلفة.

— إذا كانت العيوب قليلة ومتفرقة فيتم الإصلاح لكل عيب على حدة ، أما إذا كانت العيوب كثيرة وعامة فيتطلب الأمر إعادة نظر أساسية فى التصميم ويجب أن يكون الإصلاح مزيلاً للعيب تماماً .

— التركيز على تأمين شروط الأمان والوظيفة والجمال وشروط الاستثمار فى مرحلة التدعيم .

— عدم تغيير الدراسة الإنشائية للعناصر المدعمة وإن حصل التغيير لتحقيق من الدراسة الإنشائية الحديثة فى مراحل التنفيذ والاستثمار .

— حساب التكلفة الدقيقة والتفصيلية لأعمال الترميم .

الفصل الثانى

تصدعات المنشآت خلال العشر سنوات الأخيرة بجمهورية مصر العربية

نبذة : خلال العشر سنوات الأخيرة تلاحظ حدوث تصدعات وانهيارات فى المبانى بنسبة مرتفعة ونتيجة لارتفاع أسعار مواد البناء والعمالة فى العالم عامة وفى مصر خاصة فقد كان الاتجاه العالمى السائد الآن هو عمل الإصلاحات والترميمات اللازمة للمحافظة على حالة المنشآت القائمة وحمايتها من التلف وحيث إن أسعار الهدم وإعادة البناء تحتاج إلى تكاليف باهظة فإن الدراسات الآن تتجه نحو اختيار أنسب الطرق وأفضلها سواء من الناحية الاقتصادية أو الفنية للمحافظة على هذه المنشآت وعلاج التصدعات التى تحدث بها .

ومن أجل الوصول إلى أنسب طرق العلاج للمنشآت فقد وجب دراسة الأسباب الرئيسية لهذه الانهيارات حتى يمكن تجنبها وعمل الاحتياطات اللازمة لعدم ظهورها فى المبانى الحديثة الإنشاء .

وتعتبر الخرسانة المسلحة من أكثر مواد البناء شيوعاً وذلك لسهولة تشغيلها ومرونة تشكيلها بالإضافة إلى رخص سعرها النسبى . ونظراً لانتشار استخدامها وتنوع مستويات تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية وطرق استخدامها فقد تعددت أنواع العيوب بها ولذلك فإن الغرض الأساسى من هذا البحث هو دراسة الأسباب الرئيسية لتصدعات المنشآت الخرسانية المسلحة وطرق علاج وتقوية هذه المنشآت وتحديد كفاءة الطرق المختلفة للعلاج والتقوية .

٢) الأسباب الرئيسية لانهيار أو تصدع المبانى :

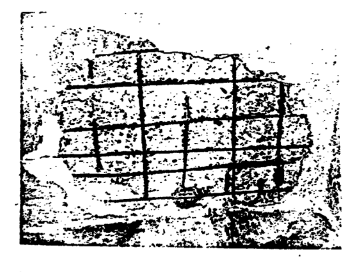
أ) انتهاء العمر الافتراضى للمنشأ مع عدم وجود صيانة له لمدة طويلة هذا بالإضافة إلى سوء استعمال السكان للمرافق الصحية وعدم صيانة أجهزة هذه المرافق ومعظم هذه المبانى قد مضى على بنائها أكثر من ستين عاماً .

ب) التصدعات الناشئة عن حدوث هبوط متفاوت للتربة بسبب عدم دراسة خواص التربة والأساسات قبل إقامة المبنى — ويظهر هذا العيب فى حوالى ٢٠٪ .

جـ) عيوب فى تنفيذ المنشأ سواء عند صب الهيكل الخرسانى كعدم الاهتمام بوضع حديد تسليح بطريقة سليمة طبقاً للأصول الفنية أو فى أعمال التشطيبات مثل البياض والسباكة وخلافه **ومثال ذلك :**

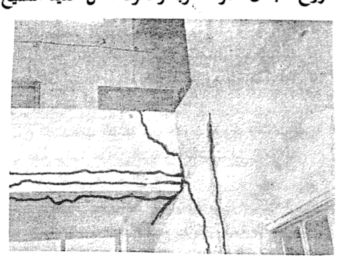
عدم عمل غطاء خرسانى كاف لحديد التسليح فى الأسقف والكمرات أثناء صب الخرسانة مما يتسبب عنه تآكل فى حديد التسليح وذلك يسبب سقوط الغطاء الخرسانى وظهور شبكة حديد التسليح وقد تآكل بالصدأ .

شكل يبين سقوط غطاء السقف بسبب صدأ الحديد



ــ الشروخ الناجمة عن تآكل حديد التسليح فى أحد الكمرات وأحد الأعمدة على التوالى وتظهر الشروخ فى الكمرة فى اتجاه موازى لحديد التسليح وذلك نتيجة لتكون طبقات من نواتج التآكل بالحديد فيزيد فى الحجم بمقدار ٢,٢ مرة قدر حجم حديد التسليح الأصلى مما يؤدى إلى حدوث ضغط على الخرسانة المحيطة يعادل ١ طن / البوصة المربعة على الخرسانة المحيطة مسبباً تلك الشروخ كما فى الشكل التالى :

شروخ ناتجة فى كمرة مقلوبة وعامود لتآكل حديد التسليح



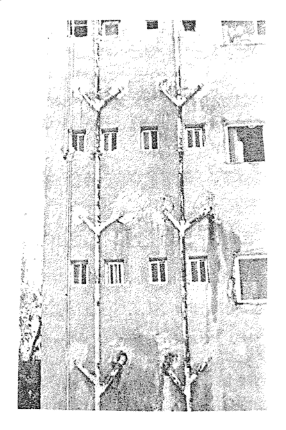
ــ **عيوب فى تنفيذ الأعمال الصحية** :وهذا العيب شائع فى معظم المنشآت ويتسبب عن ذلك تسرب المياه فى حوائط المبانى والأسقف الخرسانية مما يسبب تآكلاً فى حديد التسليح ونحراً فى الخرسانة وبالتالى انهيارها ويمثل سوء التنفيذ فى أعمال الصحى والسباكة وكذلك عدم انتظام الصيانة الدورية لها حوالى ٢٠٪ من حالات التصدعات .

وقد وجد أن العوامل التالية تؤثر تأثيراً مباشراً على معدل تآكل الخرسانة المسلحة بالمياه العذبة :

ــ درجة عذوبة المياه .
ــ حالة سكون أو حركة المياه .
ــ كمية المياه المتسربة تحت ضغط .
ــ درجة حرارة المياه .
ــ كثافة الخرسانة .
ــ نوع الأسمنت .
ــ نوعية وحالة سطح الخرسانة .
ــ أبعاد وعمر الخرسانة .

حدوث تسرب للرطوبة من خلال حوائط المبانى والوحدات الخرسانية المسلحة أو الأرضيات يتسبب فى حدوث نسبة كبيرة من الانهيار وقد وجد أن ٤٠٪ من حالات الانهيارات يكون سببها عدم استخدام طبقة عازلة أو استخدامها بطريقة غير صحيحة كما فى الشكل التالى وعند دراسة أسباب الانهيارات بتسرب المياه فى الحوائط والخرسانات وجد أن ٤٥٪ من هذه الحالات تأثرت بارتفاع منسوب المياه الجوفية فى الحائط وأرضيات الأدوار السفلى وأن ٤٥٪ تأثرت بمياه الأمطار وحيث إن سقوط الأمطار نادر فى مصر فإن الأسقف الشائعة الاستعمال من الأسقف المستوية . وغالباً ما يحدث تسرب لمياه الأمطار بأسقف الأدوار العليا نتيجة لعدم عمل طبقات عازلة بالأسطح وكذلك عدم عمل الميول اللازمة بالأسطح بالإضافة إلى سوء وسائل الصرف . ومن الجدير بالذكر أن معظم العيوب الناتجة من مياه الأمطار مركزة فى المبانى الموجودة بالقرب من الساحل الشمالى للبلاد حيث تزداد كثافة الأمطار بالنسبة لمبانى باقى أجزاء القطر المصرى .

رسم يبين عيوب فى تنفيذ الأعمال الصحية والطبقات العازلة



ــ عدم اتباع المواصفات فى تدرج الركام عند تصميم الخلطة الخرسانية ووجود زلط كبير الحجم يسبب فجوات بالخرسانة. وبالتالى يتسبب فى صدأ حديد التسليح داخل الخرسانة . وقد ظهر هذا العيب فى حوالى ١٢,٥٪ من حالات التصدعات .

سوء تنفيذ بعض العناصر الحاملة فى الخرسانة المسلحة مثل الأعمدة والكمرات والأسقف والحوائط ويظهر هذا العيب فى حوالى ٢٥٪ من حالات التصدعات وتظهر هذه العيوب نتيجة لعوامل مختلفة منها :

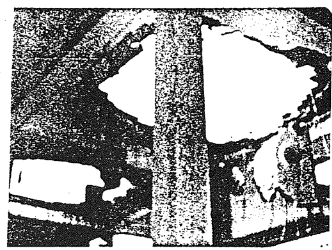
ـــ عدم تنفيذ وصلات التمدد بالخرسانة تبعاً للأصول الفنية .
ـــ عدم عمل كمرات لتوزيع حمل السقف على الحوائط عند البناء بنظام الحوائط الحاملة .
ـــ عدم تقوية الحوائط المنشأة بالطوب عن طريق عمل أكتاف مبانى على مسافات متساوية تسبب انهيار بعض هذه الحوائط .
ـــ فى بعض الحالات النادرة : لم تنفذ إحدى العناصر الإنشائية الحاملة الموضحة فى اللوحة الإنشائية .
ـــ بعض العيوب البسيطة أثناء التنفيذ ممكن أن يتسبب فى عيوب ضخمة بعد ذلك مثل عدم دمك التربة فى الأدوار الأرضية قبل تبليط الأرضيات قد يسبب تكسير بلاط الأرضيات بعد تركيبه – ومثال آخر لذلك عند عدم عمل ميول بأرضيات الحمامات ودورات المياه قد يسبب تجمعاً للمياه وبالتالى تآكل فى العناصر الخرسانية وفى أرضيات الحمامات .

د) بعض عيوب المبانى تكون نتيجة عدم مطابقة المواد المستخدمة للمواصفات القياسية ومثال ذلك استخدام أسمنت غير مطابق للمواصفات نتيجة لسوء التخزين فى بعض الحالات فإذا تعرض الأسمنت لأى رطوبة فإن قوة الأسمنت تقل وبالتالى تقل قوة الخرسانة .

كذلك عند استخدام حديد تسليح به صدأ فإن ذلك يحدث عازلاً ما بين الخرسانة والحديد وبالتالى تقل قوة الالتصاق بينهما . وقد وجدت هذه العيوب فى حالات قليلة ..

هـ) يحدث الانهيار المبكر للمنشآت الخرسانية عندما يكون المنشأ فى منطقة ساحلية و لم يتخذ الاحتياطات اللازمة لصيانته .

انهيار سقف مخزن فى منطقة ساحلية



و) أخطاء فى التصميم أو أحمال زائدة عن المسموح بها فى تصميم المنشآت التى تم حصرها تحت هذا البند يمثل نسبة ضئيلة جداً .

٣) دراسة إحصائية للمنشآت التى تصدعت تبعاً لسنة الإنشاء .

وقد تم ترتيب هذه المنشآت تبعاً لتاريخ إنشائها وتم تقسيمها إلى خمس مجموعات . المجموعة الأولى تمثل تلك المبانى المنشأة قبل سنة ١٩٥٠ والثلاث مجموعات التالية تمثل ثلاث عقود من الزمان من سنة ١٩٥١ إلى سنة ١٩٨٠ والمجموعات الأخيرة تمثل تلك المنشأة بعد سنة ١٩٨٠ وبعضهم لا زال تحت الإنشاء .

والجدول التالى يوضح النسب المئوية لأسباب التصدعات بالمبانى طبقاً لسنة الإنشاء مع ملاحظة أنه فى بعض الحالات يوجد أكثر من عامل لحدوث التصدعات (هذه النسب مأخوذة من معهد أبحاث البناء)

سنة الإنشاء / سبب التصدع	قبل ١٩٥٠	١٩٥٠–١٩٦٠	١٩٦٠/١٩٧٠	٧٠/٨٠	بعد ١٩٨٠
عامل الزمن	١٠٠٪	٢٥٪	٦,٧٪	—	—
عدم صيانة المبنى والأعمال الصحية	٥٠٪	٦٢,٥٪	٢٢٪	٤٤٪	١٧٪
سوء التنفيذ	—	٢٥٪	٢٢٪	٦٠,٩٪	٨٣٪
عدم دراسة خواص التربة والأساسات	—	٢٧,٥٪	٤٧٪	٢١,٧٪	٨٪
تصميم	—	—	١٢٪	٤٪	—

طرق العلاج المتبعة : يجب عمل صيانة دورية للمنشآت الخرسانية حتى تضمن إمكانية استغلالها لأطول فترة ممكنة والاستفادة منها . والمقصود بالصيانة الدورية هنا هو المحافظة على جميع عناصر المنشأ سواء كانت هذه العناصر خرسانية أو غير خرسانية . حيث إن عناصر المنشأ الأخرى ممكن أن تؤثر على الخرسانة تأثيراً مباشراً مثل سقوط البياض نتيجة لعوامل التعرية من الأمطار ورياح ورطوبة خاصة فى البلاد الساحلية . أو حدوث تسرب للمياه سواء مياه عذبة أو مياه مجارى وصرف صحى أو مياه جوفية .

وطريقة علاج المياه يتوقف على نوع المياه المتسرب وعلى نوع الخرسانات إذا كانت فى الأساسات أو فى إحدى عناصر الحاملة الأخرى بالمنشأ أو فى الأسقف حتى يمكن اختيار المادة المناسبة للعلاج .

كما أنه يجب مراقبة ظهور أى شروخ فى المنشأ ومعرفة سبب ظهورها حيث إن طريقة علاج الشروخ تتوقف على معرفة السبب الرئيسى لظهورها حتى يمكن تفادى هذا السبب ثم علاج الشرخ للتأكد من عدم ظهورها مرة أخرى . ومن الجدير بالذكر أنه يجب دراسة خواص المواد المستخدمة فى علاج الشروخ قبل استعمالها للتأكد من صلاحيتها ويكون ذلك عن طريق إجراء بعض التجارب المعملية على هذه المواد وتحديد خواصها والتأكد من أن المنشأ قادر على مقاومة الأحمال المعرض لها دون حدوث أى شروخ أو عيوب جديدة فى الخرسانات بعد العلاج .

وفيما يلى شرح لبعض طرق العلاج المتبعة فى حالة تسرب المياه فى المنشآت وكذلك فى حالة ظهور شروخ بها :

أ) علاج المنشآت الخرسانية من التآكل بسبب تسرب المياه :

يجب التأكد من عدم تسرب المياه للخرسانات سواء كانت تلك المياه عذبة نتيجة تسرب مواسير الأعمال الصحية داخل الحوائط أو مياه مجارى نتيجة تسرب مواسير أعمال الصرف الصحى فى المنشآت أو كانت تلك المياه مياه جوفية قد تؤثر على أساسات المنشآت أو مياه البحر فى المناطق الساحلية ولكل سبب من هذه الأسباب طرق العلاج الخاصة به .

تسرب مياه الشرب : من خلال المواسير داخل المبانى قد يحدث تآكل بالخرسانات وكذلك بالحوائط المبانى ، وقد تلاحظ وجود العيب فى كثير من المنشآت التى تم دراسة أسباب ظهور التصدعات بها ، ويمكن صيانة هذه المنشآت عن طريق إصلاح السبب الرئيسى للتسرب وذلك بتغيير المواسير التالفة وإحكام الوصلات وعمل طبقات عازلة بطريقة صحيحة مع اختيار المواد المناسبة للعزل للتأكد من عدم تسرب المياه وتآكل الخرسانة ، كما يجب ترميم العيوب الناتجة عن تسرب المياه بالخرسانات والمبانى .

تسرب مياه الصرف الصحى والمجارى : داخل حوائط المبانى والأسقف والكمرات الخرسانية المسلحة يتسبب فى تآكل الخرسانة بمعدل سريع نتيجة لوجود الكلوريدات والأملاح بنسب مرتفعة بها ولذلك فإن صيانة المنشآت المعرضة لمياه الصرف والمجارى تحتاج إلى إصلاح الأسباب الرئيسية للتسرب ثم عمل طبقات عازلة مناسبة بحيث لا تتأثر بمياه المجارى . ويتم بعد ذلك ترميم التصدعات التى تحدث فى الخرسانات .

ـــ أما بالنسبة للمياه الجوفية فإنها تسبب تآكل فى خرسانة الأساسات والأدوار السفلى للمنشآت خاصة تلك التى تحتوى على أملاح وأحماض مما تسرع من عملية التآكل . لذلك فإنه يجب تحليل المياه الجوفية قبل اقتراح طريقة العلاج حتى يمكن استخدام مواد مقاومة لتلك الأملاح فى العلاج للحفاظ على الخرسانات بعد علاجها وعدم تآكلها وقد وجد أن نسبة المواد المهاجمة للخرسانات فى المياه الجوفية تؤثر على معدل تآكل الخرسانات .

ـــ كذلك فإنه لعمل علاج سليم لمشكلة تسرب المياه . يجب دراسة نوع المياه المتسببة فى هذا التآكل من حيث التحليل الكيماوى ودرجة تركيز الأملاح بها ودرجة حرارة البيئة المحيطة وكذلك مدى تحرك هذه المياه أو سكونها فإن لسرعة تسربها تأثير مباشر على معدل التآكل . ولاختيار طرق الوقاية الفعالة فإنه يختار نوع الخرسانة المناسب وذلك بالعناية بتصميم الخلطة الخرسانية واختيار نسبة الأسمنت بها وحجم الركام المناسب وكذلك نسبة مياه الخلط وعمل دمك أثناء عملية الصب – كما أنه يمكن استخدام أنواع خاصة من الخرسانات مثل استخدام الخرسانة الأيبوكسية المقاومة للأحماض .

ويوجد عدة طرق لمقاومة تآكل الخرسانات من تسرب المياه ومعالجة هذا التآكل وأهم الطرق المعروفة والمستخدمة هى :

ـــ معالجة الأسطح الخرسانية وذلك عن طريق ترسيب مادة مقاومة للتآكل على سطح الخرسانة أو عمل دهانات للأسطح الخرسانية باستخدام البيتومين أو القار أو دهانات الزيت أو المواد الراتنجية أو البلاستيك .

ـــ المعالجة باستخدام الأسمنت أو السيليكا بملء الفراغات الموجودة بالخرسانة أو عمل حقن للخرسانة بالبيتومين مثلاً .

ـــ استخدام تكسيات من الحجارة الطبيعية أو بلاط السيراميك .

ـــ استخدام إضافات للخرسانة من المواد البلاستيكية والمطاط .

ـــ عمل عازل للمياه المتسربة للخرسانة وذلك عن طريق استخدام مواد بيتومينية أو ألواح معدنية ، بلاستيك ، استخدام مطاط طبيعى أو صناعى أو استخدام خرسانة بولومرية أو مونة أسمنتية مضاف إليها بعض الإضافات الصناعية .

الفصل الثالث

أنواع الشروخ

أولاً : شقوق قبل التصلد :

١) أضرار التجمد المبكر .

٢) خاصية لدونة الخرسانة .

أ) انكماش الخرسانة وهى لدنة .

ب) هبوط الخرسانة وهى لدنة .

٣) حركة خارجية أثناء التنفيذ .

أ) حركة الشدة .

ب) حركة التربة السفلية .

ثانياً : شقوق بعد التصلد :

١) فيزيائى :

أ) ركام قابل للانكماش .

ب) انكماش ناتج عن الجفاف .

جـ) تشققات شبكية .

٢) حرارى :

أ) تعاقب التجمد والذوبان .

ب) التغيرات الموسمية فى درجة حرارة الجو .

جـ) التقلص الحرارى المبكر .

١) إعاقة خارجية للحركة .

٢) فرق فى درجة الحرارة بين سطح الخرسانة وداخلها .

٣) كيميائى :

أ) صدأ وتآكل التسليح .

ب) تفاعل قلوى للركام .

جـ) كربنة الأسمنت .

٤) إنشائى :

أ) أحمال زائدة (مؤقتة وضعت لأسباب عارضة كالترميم مثلاً) .

ب) عدم مراعاة الزحف (فى الخرسانة سابقة الإجهاد على وجه الخصوص) .

جـ) أحمال التصميم غير صحيحة .

د) تنفيذية (نوعية سيئة للخرسانة ، عدم العناية بوضع التسليح ووصلاته .. إلخ) .

هـ) تشققات بسبب مشكلات فى التربة .

وسنقسم المبانى التى بها الشروخ إلى قسمين وهما المبانى الجاهزة والمبانى العامة :

أولاً : المبانى الجاهزة : وقبل أن نتكلم عن الشروخ فى المبانى الجاهزة سنلقى الضوء على ماهية المبانى الجاهزة إجمالاً .

مكونات المبنى الإنشائية :

أ) **الأساسات :** وتختلف أنواعها طبقاً لنوع التربة المطلوب التأسيس عليها ، وكذلك نوع الأحمال الواقعة على التربة ، ويوجد هنا شرط أساسى أنه غير مسموح بحدوث هبوط غير متساوى يؤثر على سلامة المبنى .

ب) **الحوائط :** تنقسم الحوائط إلى ثلاثة أقسام هى :

ـــ حوائط حاملة خارجية (عبارة عن جزء حامل + جزء عازل للحرارة) .

ـــ حوائط حاملة داخلية .

ـــ حوائط غير حاملة (قواطيع) .

وتعتبر الحوائط الخارجية والداخلية هى العناصر الرئيسية فى مقاومة جميع القوى والأحمال التى تقع على المبنى وتتولى كذلك وظيفة نقلها حتى منسوب الأساسات .

جـ) **البلاطات :** تقوم البلاطات بوظيفة التغطية بالمبنى وكذلك نقل الأحمال الرأسية والأفقية إلى الحوائط ، لذا يشترط أن تكون بالقدر الكافى لتقوم بوظيفتها مع عدم حدوث ترخيم فى البلاطات نفسها .

د) **السلم :** تنقسم عناصر السلم إلى قلبات (stair flight) وبسطات (landing) وتكون وظيفتها الإنشائية نقل الأحمال بجميع أنواعها الواقعة عليها إلى الحوائط الحاملة .

هـ) **القطع الخاصة :** وهى تشمل جميع أنواع القطع الخاصة (وهى القطع التى لم تذكر فى البنود السابقة) مثل دراوى السطح والبلكونات وكذلك دراوى السلم .

ويتطلب الأمر أن تكون قوية بالقدر الكافى حتى تؤدى وظيفتها المعمارية كذلك لنقل الأحمال الواقعة كلها إلى أقرب بلاطة أو حائط حامل .

و) **الوصلات :** وهى تشمل الوصلات بين الأجزاء وبعضها وهى إما خرسانية مسلحة أو قطاعات حديد تشكل وتلحم ببعضها .

أ) **الأحمال الرأسية : Vertical load** وهى تنقسم إلى :

١) أحمال ميتة ناتجة عن وزن عناصر المبنى الخرسانية dead load .

٢) أحمال حية وهى :
ــ أحمال ناتجة عن وزن القواطيع .
ــ أحمال ناتجة عن مواد التشطيب finshing load .
ــ أحمال ناتجة عن استخدام المبنى live load .

ب) **القوى الأفقية** : وهى القوى الناتجة عن تأثير الريح (wind) طبقاً للمواصفات القياسية المصرية .

جـ) **قوى إضافية** : هذه القوى تنتج عن ظروف خاصة بكل مبنى وكل منطقة كمثال :

ــ القوى الناتجة عن اختلاف درجات الحرارة داخل المبنى وخارجه .

ــ القوى الناتجة عن حدوث بعض الهبوط الغير متساوى (المسموح به) .

ــ القوى الناتجة عن عدم تطابق مركز ثقل عزم القصور الذاتى للعناصر القوية للمبنى مع مركز تأثير القوى الأفقية (twesting moment) .

ــ تأثير الزلازل .

ــ القوى الناتجة عن عدم رأسية تسلسل انتقال القوى الرأسية .

الشروخ الخرسانية للمبانى الجاهزة

أولاً – أنواع الشروخ :

تحدث الشروخ الخرسانية لأسباب مختلفة ، وقد تكون هذه الشروخ على درجة من الخطورة ، وسوف نقوم فيما يلى بتصنيف الشروخ حسب مسبباتها تصنيفاً يسرى على المنشآت التى تصب فى المواقع أو سابقة الصب وسوف نركز بالتحديد على خطورة الشروخ فى خرسانة المنشآت سابقة التجهيز .

١ – شروخ غير إنشائية (لأسباب غير إنشائية) :

(أ) الهبوط أثناء الصب وأثناء التصلد :

قد تعوق أسياخ الحديد ووصلات الشدات حركة الخرسانة حديثة الصب عندما تبدأ فى التصلد ، كما تعوقها أيضاً أثناء الصب والهز وينتج عن ذلك شروخ قد تصل فى بعض الحالات إلى التسليح وتصبح خطيرة ولكن غالباً ما تكون هذه الشروخ صغيرة وسطحية .

(ب) شروخ الانكماش اللدن :

وتحدث نتيجة التبخر السريع للماء من سطح الخرسانة وهى لدنة أثناء تصلدها ، وهذا التبخر السريع يتوقف على عوامل كثيرة أهمها درجة الحرارة وسرعة الريح ، كما أن جفاف الريح وأشعة الشمس المباشرة تجعل معدل التبخر أعلى من معدل طفو الماء على سطح الخرسانة .

وشروخ الانكماش اللدن عادة ما تكون قصيرة وسطحية وتظهر فى اتجاهين عكسيين فى آن واحد وفى حالة عناصر المنشآت سابقة التجهيز التى تصنع فى أماكن مغلقة وتعالج جيداً فلا يخشى من خطورة شروخ الانكماش اللدن لصغرها .

(جـ) شروخ الانكماش الحرارى :

يتولد أثناء الشك والتصلد المبكر حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائى بين الماء والأسمنت وغالباً ما تعالج العناصر سابقة التجهيز بالبخار Steam Curing وتلك المعالجة الحرارية تولد كمية كبيرة من الحرارة خلال الخرسانة ، وعندما تبرد الخرسانة وتنكمش تبدأ الإجهادات الحرارية فى الظهور والنمو خاصة إذا كان العنصر الخرسانى محكوماً وإذا كان التبريد غير منتظم خلال العنصر (مثال ذلك الكمرات سابقة الصب والفلنشات أو ذات التخانات المتغيرة) ، وقد يحدث إجهاد الشد الحرارى شروخاً دقيقة جداً يقدر أن يكون لها أهمية إنشائية ولكن ذلك يخلق أسطحاً ضعيفة داخل الخرسانة ، كما أن انكماش الجفاف العادى يؤدى إلى توسيع هذه الشروخ بعد ربط العناصر سابقة التجهيز .

(د) شروخ انكماش الجفاف :

Drying Shrinkage Cracking

وهذا النوع من الشروخ يحدث عندما تقابل العناصر القصيرة ذات التسليح القليل حواجز تعيقها (كما فى حالة لتصال كورنيشة ذات تخانة صغيرة ببلاطة شرفة ذات تخانة كبيرة) ، وفى الكمرات سابقة التجهيز فإن خرسانة الأطراف المفصلية تصب فى مجارى من وصلات متصلدة سابقة الصب (كقالب) ، ونظراً لضيق هذه المجارى نسبياً فإنها تحتاج إلى كمية مياه عالية نسبياً لتسهيل عملية الصب ، وتحدث فى الفواصل الرأسية غالباً شروخاً دقيقة نتيجة الانكماش .

(هـ) فروق الإجهاد الحرارية :

Defferential Thermal Strains

إن أسلوب الإنشاء فى المنشآت سابقة التجهيز يساعد على التأثر باختلاف درجة الحرارة لاختلاف الطقس الطبيعى أو نتيجة التسخين steam curing .

ولذا تظهر الشروخ فى البحور المحصورة sandwich panels عندما يكون اتصال وجهيها بالمنشأ متيناً .

كما أن الحرارة المفاجئة لها تأثير حرارى آخر حيث يولد الارتفاع المفاجىء فى درجة الحرارة سلسلة من الشروخ ، فإذا كانت الطبقة الخارجية للبحر المحصور قليلة السمك (٣ سم مثلا) فإن حدوث هذا التهشيم يكون أكثر احتمالاً .

وتحدث الشروخ أيضاً إذا حدث اختلاف كبير فى درجة الحرارة بين وجهى بلاطة أو كمرة ، وهذا التأثير نادر الحدوث فى المنشآت السكنية ، ولكن قد يحدث فى منشآت معينة مثل حوائط الخزانات وفى حالات خاصة عندما يكون السائل المخزون داخل الخزان ساخناً أو بارداً جداً .

كما تحدث إجهادات بالمنشأ نتيجة اختلاف درجة الحرارة بين أجزائه المختلفة ، فإن أطراف الواجهة مثلاً تتعرض لأشعة الشمس المباشرة فتتمدد بينما تظل درجة حرارة باقى المنشأ منخفضة فينتج عن ذلك ظهور شروخ قطرية من الزوايا فى أرضيات المنشآت الطويلة جداً أو المتينة جداً ، وهناك أنواع أخرى من الشروخ قد تحدث تحت هذا التأثير وبخاصة مع حدوث الضوضاء والاهتزازات وتقلل الشروخ الناتجة من الانكماش وفرق درجات الحرارة من متانة المنشأ وهذا يعنى أن الإجهادات لا تتزايد بعد حدوث الشروخ .

٢ - شروخ نتيجة التآكل :

هناك نوعان رئيسيان من العيوب تساعد على تزايد تأثير عوامل التعرية على المنشأ الخرسانى .

(أ) تآكل حديد التسليح :

ينمو الصدأ ويتزايد حول حديد التسليح منتجاً شروخاً بامتداد طولها وقد يؤدى ذلك لسقوط الخرسانة كاشفة حديد التسليح (مثل سقوط غطاء الحديد من السطح السفلى للأسقف الخرسانية) وتساعد كلوريدات الكالسيوم المتواجدة بالخرسانة على ظهور هذا العيب (فى بعض الحالات يضاف للخلطة الخرسانية إضافات بها كلوريدات كالسيوم بهدف إسراع الشك) كما تساعد الرطوبة فى الجو والمسامية العالية بالخرسانة على ظهور هذا العيب أيضاً .

كما أن الرطوبة المتشبعة بالأملاح على الحدود الساحلية تحمل بها كلوريد الكالسيوم وبالتالى فإن خطورة تآكل الحديد تصبح كبيرة فى هذه الحالة .

إن شروخ تآكل الحديد خطيرة على عمر المنشأ وتحمله حيث إنها تقلل مساحة الحديد فى القطاع الخرسانى وهذه الظاهرة خطيرة بصفة خاصة فى الخرسانة سابقة الإجهاد ، فقد تتسبب نتوءات التآكل الصغيرة فى انهيار الأعصاب والأوتار سابقة الإجهاد .

(ب) نحر الخرسانة :

هناك تفاعلات كيميائية تؤدى إلى تهتك الخرسانة ، والحالة الأكثر شيوعاً هى تكوين الـ Ettringite نتيجة اتحاد الكبريت مع ألومينات الأسمنت فى وجود الماء ، والملح الناتج ذات حجم أكبر من العناصر المكونة له والتمدد الناتج سوف يفجر الشروخ ويؤدى لسقوط أجزاء الخرسانة المتهتكة .

وقد يظهر خلل كيميائى نتيجة اختيار نوعية حبيبات (زلط) غير ملائمة ، فإن النتوءات والحفر التى تظهر بالسطح الخرسانى تعنى أن الحبيبات المعزولة تفتتت .

٣ - الشروخ الإنشائية :

تتعرض الخرسانة المسلحة لإجهادات الشد عند تحميل المنشأ ، ولذلك تحدث شروخ فى الكمرات (وهذا طبيعى) فى الجانب المعرض للشد تحت تأثير عزم الانحناء .

فإذا كان التسليح المستخدم موزعاً بالشكل الملائم (تفريد الحديد) وكانت الخرسانة جيدة النوعية فإن هذه الشروخ تكون دقيقة بالقدر الكافى لتجنب تآكل الحديد .

وعموماً تعتبر هذه الشروخ مقبولة إذا كان سمكها ٢,٠م (أو م فى حالات قاسية مثل المنشآت المتاخمة لساحل البحر) وقد أثبتت التجارب أن التآكل والصدأ يتزايد بسرعة فقط عندما يزيد سمك الشرخ عن ٠,٤م .

وقد تظهر بعض الشروخ نتيجة إجهادات القص وإن كانت نادرة وتكون شروخاً قطرية (مائلة) فى اتجاه أسياخ التسليح (التكسيح) وتحدث بسبب عيوب فى ترابط أسياخ الحديد ذات القطر الكبير مع الخرسانة خاصة إذا كان غطاء الحديد قليل السمك أو إذا كان جنش الأسياخ قصير مما يؤدى إلى ضعف الربط بين أسياخ الحديد والخرسانة وإذا كانت هذه الشروخ معقولة فى الحدود المسموح بها وتشير إلى سلوك طبيعى للمنشأ فلا خطر منها ولكن فى بعض الحالات تكون هذه الشروخ ظاهرة بدرجة تشكل خطراً مثل :

- شروخ عزوم الانحناء أو القص التى يزداد اتساعها بصفة مستمرة .
- شروخ تحدث فى أجزاء الخرسانة المعرضة للضغط وهذا ينبه إلى أن هناك سلوكاً غير عادى يحدث فى المنشأ .
- تفتت الخرسانة فى مناطق الضغط (الأعمدة أو الكمرات أو البلاطات فى الجانب المعرض للضغط) وهذه الحالة من أقصى درجات الخطورة بالمنشأ .

وعند حدوث مثل هذه الأنواع من الشروخ فقد يكون من الضرورى عمل تدعيم للمنشأ وتزال الأحمال فوراً وبعد ذلك تدرس أساس ومصدر الخلل بالمنشأ وتبدأ فى حل مشكلة تقوية المنشأ وكيفية معالجة الشروخ إذ يكون ذلك هو الاعتبار الوحيد أمامنا .

وقد يكون سبب الخلل زيادة فى الأحمال على المنشأ أو

التسليح غير كافٍ أو نوعية الخرسانة رديئة أو هبوط فى التربة .. إلخ .

ونحن لا نضع فى الاعتبار هنا التعشيش أو الشروخ الكبيرة الناتجة عن سوء المصنعية .

ثانياً – صيانة وترميم المنشآت :

١ – مراقبة الشروخ :

يجب ملاحظة الشروخ عندما تظهر بالمنشأ الخرسانى فيجب اختيار السمك والطول وعمق الشرخ (أى هل يمتد الشرخ مباشرة خلال الجزء الخرسانى) .

ومن المهم ملاحظة ما إذا كان الشرخ يتسع بمرور الوقت أم لا ، وهناك طرق كثيرة تستخدم لدراسة ذلك (مثل استخدام بقج الجبس فوق الشروخ ومتابعة حدوث الشرخ فى الجبس أو باستخدام جهاز يقيس العرض بين كرتين من الحديد مثبتتان على جانبى الشرخ) .

يجب قياس تشويه أو انحناء عناصر المنشأ التى تحدث الشروخ الإنشائية باستخدام نقط المناسيب المعروفة كمرجع للقياس (من الضرورى معرفة الهبوط النهائى للأساسات) .

بالملاحظة وأخذ القرارات المختلفة سوف تقودنا لمعرفة نوع الشروخ من حيث أسبابها . وغالباً ما تؤثر عدة أسباب فى وقت واحد (الانكماش واختلاف درجات الحرارة غالباً تؤثر بنفس الأسلوب) .

من الممكن الآن اقتراح طريقة للعلاج (الترميم) لتقوية المنشأ مثلاً أو الحقن للشروخ .. وهكذا .

٢ – معالجة الشروخ وترميم المنشأ :

(أ) الشروخ الشعرية الغير إنشائية (الناتجة عن أسباب غير إنشائية) :

من المفروض فى هذه الحالة أن الخرسانة جيدة النوعية وأن الشروخ دقيقة ولا تمثل خطورة على استمرارية تحمل التسليح .

فإذا تم معاينة الشروخ وكانت ناتجة عن سلوك طبيعى للمبنى كما فى حالة الوصلات بين الوحدات سابقة الصب فعلى المصمم أن يأخذ هذه الشروخ فى الاعتبار وخاصة الوصلات الرأسية والأفقية بوجه المبنى فيجب معالجتها بعناية لتجنب الأضرار التى تنجم عن هذه الشروخ (مثل تسرب المياه خلال هذه الشروخ) .

وبالتالى يجب أن نتوقع ذلك فى كسوات الحوائط الداخلية وعادة يتم إجراء اختبارات معملية على وصلات مشروخة لتحصل على القوة الحقيقية للوصلات فى حالة الاستخدام الفعلى لها .

عند تصميم البلاطات والوصلات المحصورة (Sandwich panels) فمن الأفضل أن يعلق أحد أطرافها حراً لتفادى إجهادات الفروق الحرارية .

ويجب أن يصمم حديد التسليح ويختار تفريده بطريقة تجعل اتساع الشروخ غير خطير وغالباً ما يكون وضع حديد إضافى غير المحسوب إنشائياً ضرورياً (مثل حديد التسليح القطرى « المكسح » ويكون عمودياً على اتجاه الشروخ المتوقعة فى زاويا المبنى .

وعموماً فإن التصميم الجيد والتنفيذ الجيد يعطينا أفضل تحكم فى الشروخ .

وتعالج الشروخ الشعرية الغير إنشائية (مثل شروخ الانكماش اللدن) بتنظيف السطح بالفرش السلك ثم تدهن الشروخ بطبقات بروبة حقن أسمنتية لاصقة ، وإذا كانت الخرسانة ظاهرة وتعمل كحليات فمن المفيد استخدام طبقات عازلة زخرفية وإن كان من غير الممكن عملياً محاولة الاحتفاظ بمظهر الخرسانة الأولى قبل الدهان فضلاً عن تكاليفه الباهظة .

وعندما تكون الشروخ الشعرية عميقة وعمودية على اتجاه قوى الضغط فى المنشأ فمن الضرورى حقن هذه الشروخ بعناية باستخدام المنتجات التى تتصلب حرارياً - Thermohardening Resins كما سيأتى شرحه فيما بعد ، ومن الضرورى إذاً اختيار منتج منخفض اللزوجة .

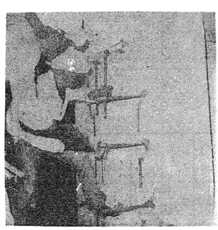
(ب) الشروخ العريضة :

عندما يكون عرض الشرخ كبيراً وعميقاً داخل الخرسانة بحيث يصل للتسليح فيجب معالجتها لتجنب تآكل الحديد أما إذا حدث هذا التآكل فى الحديد فعلاً فيجب إزالة الغطاء الخرسانى المغلف للحديد ثم تنظيف أسياخ الحديد ويستبدل الغطاء الخرسانى المزال بخرسانة جيدة كغطاء للحديد (من المهم فى هذه الحالة استخدام الراتنجات الغروية اللاصقة وشبك الحديد الممدد والترميم بخرسانة عالية القوة بالدفع بالهواء مستخدمين مدفع الأسمنت (Cement gun) .

والشروخ الناتجة عن تمدد الخرسانة غالباً ما تتميز باحتوائها على نسبة كبريتات عالية وقد يكون من الضرورى فى هذه الحالة إزالة الخرسانة المعيبة وتغييرها .

وإذا كانت الشروخ ناتجة عن أسباب ميكانيكية (مثل زيادة الأحمال أو نقص التسليح أو استخدام خرسانة فقيرة أو هبوط التربة فيجب أن نتأكد من السيطرة على هذه الأسباب قبل البدء

فى ترميم المبنى خاصة إذا كانت هذه الشروخ مستمرة فى الزيادة .



طريقة التخـــريم لتثبيت الأشاير بالخرسانة القديمة بمادة الايبوكسى



منظر الأشاير بعد تثبيتها بربطها بالحديد لصب خرسانة جديدة بجوار القديمة

فقد يكون من الضرورى إزالة وتغيير الخرسانة المعيبة لنضيف طبقة من الخرسانة الجديدة على بلاطة مثلاً (ربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة) نحصل عليه باستخدام طبقة دهان خاصة من مادة غروية مطاطة **Styrene Butadiene Latex** أو باستخدام إيبوكسى لاصق **Epoxyde Glues** .

وقد يكون من الضرورى وضع أسياخ حديد تسليح إضافى فى مجارى أو ثقوب محفورة لها فى الخرسانة القديمة (يزرع الحديد باستخدام مونة أيبوكسية لاصقة) كما قد يلزم لصق (باستخدام الأيبوكسى الغروى) (**Epoxyde - Glues**) مع وضع ألواح حديد على الوجه السفلى أو الجانبى للعنصر الخرسانى ، وعندما نقرر حقن الشروخ فيجب العناية باختيار المنتج اللزج الذى سنستخدمه وفقاً لترتيب وتوزيع الشروخ ووفقاً لنتائج عملية الحقن .

إذا كانت الشروخ نشطة ويتغير عرضها نتيجة التأثيرات الحرارية فلا بد أن نتأكد من عدم ظهور تأثير إجهادات الشد وشروخ جديدة بعد ملء الشروخ ، وكما شرحنا سابقاً فإن الشروخ تقلل من الصلابة وبالتالى تتأثر الإجهادات الناتجة عن تشويه الأبعاد الهندسية بالحرارة ، فإذا تم ملء الشروخ بمنتج صلب فإن ذلك يؤدى إلى ظهور الشروخ مرة أخرى فى مرحلة التصلد الأولية ،ولذلك وجب ملء الشروخ بالمواد الراتنجية المرنة أو تخليق فواصل تمدد .

الفصل الرابع

أولاً

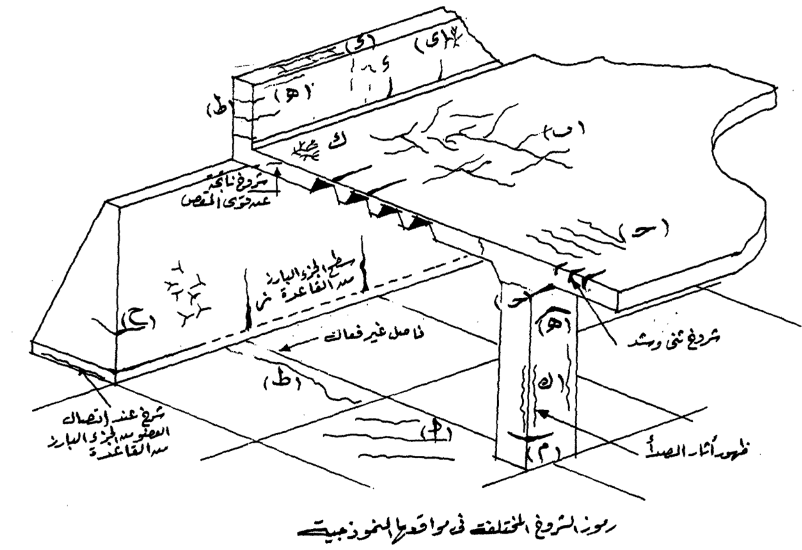
تصنيف الشروخ الذاتية فى الخرسانة المسلحة

جدول يبين تصنيفاً مبسطاً للأنواع الرئيسية للشروخ

نوع أو سبب التشقق	التمييز الحرفى انظر	تقسيم فرعى	أكثر المواقع شيوعاً	السبب الرئيسى	عوامل ثانوية	العلاج	لمزيد من التفاصيل انظر البند	زمن ظهور التشققات
انكماش الخرسانة وهى لدنة	أ	مائلة قطرية	الطرق والبلاطات الأرضية	جفاف سريع مبكر	معدل النزف منخفض	العناية والاهتمام بالمعالجة المبكرة	رقم (١)	من ٣٠ دقيقة إلى ٦ ساعات
	ب	عشوائية	بلاطات خرسانية مسلحة					
	جـ	فوق التسليح	بلاطات خرسانية مسلحة	مثل سابقه + قرب التسليح من السطح				
هبوط الخرسانة وهى لدنة	د	فوق التسليح	القطاعات العميقة	نزف زائد	جفاف مبكر وسريع	تقليل النزف أو إعادة الدمك	رقم (٢)	من ١٠ دقائق إلى ٦ ساعات
	هـ	مقوسة	أعلا الأعمدة					
	و	عند التغيير فى العمق	بلاطات ذات أعصاب					
تقلص حرارى مبكر	ز	بسبب الإعاقة الخارجية للحركة	جدران سميكة	تولد حرارة إماهة زائدة	برودة سريعة	تقليل الحرارة المتولدة من الإماهة و / أو استعمال العزل	رقم (٣)	من يوم إلى أسبوعين أو ثلاثة
	حـ	سبب الإعاقة الداخلية للحركة	بلاطات سميكة	فرق كبير فى درجة الحرارة بين السطح والداخل				

نوع أو سبب التشقق	المميز الحرف انظر	تقسيم فرعى	أكثر المواقع شيوعاً	السبب الرئيسى	عوامل ثانوية	العلاج	لمزيد من التفاصيل انظر البند	زمن ظهور التشققات
انكماش ناتج عن الجفاف طويل الأمد	ط		بلاطات وجدران صغيرة السمك	فواصل غير فعالة	انكماش زائد ومعالجة غير فعالة	تقليل كمية الماء فى الخلطة والعناية بالمعالجة	رقم (٤)	بعد عدة أسابيع أو شهور
تشققات سرطانية Crazing	ى	ملامسة للشدة	خرسانة ذات سطح ناعم	شدة غير منفذة للماء	خلطات غنية بالأسمنت ومعالجة سيئة	العناية بالمعالجة والإنهاء (التشطيب)	رقم (٥)	من يوم إلى سبعة أيام وأحياناً أكثر بكثير
	ك	خرسانة مصقولة بالملامسة (المسطرين)	بلاطات	صقل زائد بالملامسة				
تآكل صلب التسليح (الصدأ)	ل	طبيعى	أعمدة وجسور	الغطاء الخرسانى أقل من المطلوب	خرسانة ذات نوعية سيئة	تفادى الأسباب	رقم (٦)	أكثر من سنتين
	م	كلوريدات كالسيوم	خرسانة الوحدات الجاهزة	كلوريدات كالسيوم زائد				
تفاعل قلوى للركام	ن		مواقع ذات رطوبة عالية	ركام متفاعل وأسمنت يحتوى على نسبة عالية من المواد القلوية		تفادى الأسباب	رقم (٧)	بعد أكثر من خمس سنوات

هذا الجدول لا يشمل جميع أنواع الشروخ من البند رقم ٨ حتى البند رقم ٢٤ والرسم التالى يبين الرموز الخاصة لهذا الجدول



رموز الشروخ المختلفة فى مواقعها النموذجية

ثانياً شرح لأسباب الشروخ وعلاجها

الشروخ الذاتية : Intrinsic cracks

١ - شروخ الانكماش اللدن : Plastic skrinkage

تحدث تشققات الانكماش للخرسانة الطازجة فى السطح العلوى للخرسانة الأسقف أو العناصر الأخرى التى لها مساحات كبيرة عند تعرضها لمعدل عال من بخر لمياه سطح الخرسانة نتيجة ارتفاع درجة الحرارة أو تعرض الأسطح لتيارات هوائية شديدة وتحدث التشققات بعد الصب مباشرة وقبل المعالجة حيث يكون معدل تبخر الماء أعلى من معدل خروج مياه النزف من الخرسانة مما يسبب انكماش الطبقة العليا من سطح الخرسانة وينتج من ذلك إجهادات شد تؤدى إلى التشققات فى جميع الاتجاهات كما أن وقف المعالجة مبكراً أو عدم الاهتمام بها يؤدى إلى انكماش كبير فى وقت تكون فيه الخرسانة ضعيفة المقاومة .

وتأخذ الأشكال التالية :

١) شروخ مائلة بدرجة ٤٥° من أطراف البلاطة ويتراوح بعدها عن بعضها من ٣٠ سم إلى مترين كما فى الشكل التالى .

شروخ مائلة على زاوية ٤٥° للانكماش اللدن

٢) شروخ على شكل غير منتظم

٣) شروخ تتبع حديد التسليح وبعض الخصائص المصطنعة وتظهر هذه الشروخ عندما لا تتخذ أى احتياطات وقائية عند صب الخرسانة بالأجواء الحارة والتى تهب عليها الرياح مثل :

أ) استعمال المواد الإضافية المخفضة للماء المؤخرة للتصلد والتى تؤدى إلى خفض نسبة الماء إلى الأسمنت وفى الوقت نفسه تزيد قابلية الخرسانة للتشغيل .

ب) عمل مصدات لتقليل سرعة الرياح على الخرسانة أى تقلل من بخر الماء من الخرسانة .

جـ) تأجيل الدمك النهائى للخرسانة وتسوية السطح بعد مدة تتراوح بين ربع ساعة ونصف ساعة .

د) وضع الخيش وتغذيته بالماء فى دورات متقاربة .

هـ) تغطية سطح الخرسانة بغطاء من البلاستيك لمنع الهواء من تبخر المياه من سطح الخرسانة .

و) عمل مظلات لتفادى التأثير المباشر للشمس .

العلاج :

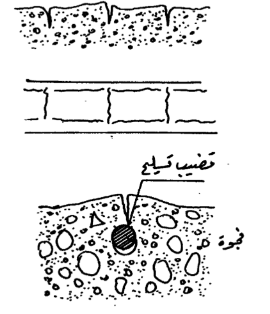
أ) عمل مونة أسمنتية سائلة غير قابلة للانكماش لملء التشققات بها .

ب) ثم الحقن بالأسمنت (Crouting) للتشققات العريضة .

٢ - شروخ الهبوط اللدن : Plastic Settlement

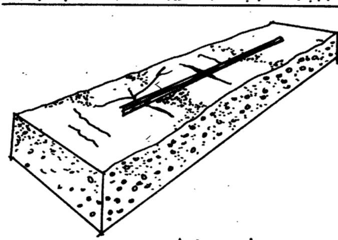
تحدث عندما تكون هناك نسبة عالية من النزف والهبوط وذلك بعد انتهاء عمليات الصب والدمك والإنهاء ، حيث تستمر زيادة كثافة الخرسانة (دمكها) ذاتياً طالما هى فى الحالة اللدنة ، وعندما تعاق هذه الحركة أو تكون مقيدة بواسطة التسليح الثابت غير المتحرك أو الشدة ونحوها تؤدى إلى تكون فجوات و / أو شروخ مجاورة للعناصر المعيقة للحركة ، وتتلخص أسباب الهبوط اللدن فى التالى :

أ) شقوق تتكون فوق قضبان التسليح الثابت غير المتحرك (على العكس من الشبك التى تسمح بالحركة) بالقرب من سطح القطاع كما فى الشكل التالى ..



هبوط لدن بسبب إعاقة التسليح للحركة





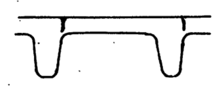
هبوط لدن فى الجسور العميقة

ب) شقوق تتكون فى الأعمدة والحوائط النحيفة ، ويعاق الهبوط فى هذه الحالة عن طريق ما يسمى بظاهرة التقوس (arching) أى أن المادة تحاول بناء شكل القوس أو العقد حتى لا تهبط بكاملها ، وإنما يهبط الجزء السفلى ويبقى العلوى مكانه معلقاً على هيئة قوس أو عقد عند كل عائق للحركة ، كما أنه من الممكن أن تحدث هذه الشقوق فى الأعمدة الدائرية كما فى الشكل التالى .



هبوط لدن فى الأعمدة فى الأعمدة الدائرية

جـ) شقوق تنشأ عند تغيير عمق القطاع وبصورة خاصة فى البلاطات المجوفة وذات الأعصاب through and waffle slabs .



هبوط لدن عند تغيير الارتفاع

ويزداد احتمال حدوث تشققات الهبوط اللدن مع زيادة قطر أسياخ التسليح وزيادة كمية الماء فى الخلطة ونقص الغطاء الخرسانى ، كما يمكن أن تزداد هذه التشققات فى حالة الدمك والتكثيف غير الجيد للخرسانة ، وعندما يتسرب جزء من ماء الخلطة من خلال الشدات .

الاحتياطات الواجب اتباعها فى تفادى الهبوط اللدن :

أ) التصميم الصحيح للشدات والدقة فى تركيبها .

ب) الدمك المناسب والجيد .

جـ) إعادة الدمك (الهز) .

د) ترك وقت كاف بين صب الخرسانة فى الأعمدة وصبها فى البلاطات والكمرات .

هـ) استعمال خرسانة قابليتها للتشغيل أقل (هبوط أقل ما يمكن lowest slump) .

و) زيادة الغطاء الخرسانى فوق التسليح .

ز) أسياخ تسليح ذات قطر أقل .

ح) اتخاذ العوامل المساعدة على التقليل من ظاهرة النزف (مثل اختيار خلطة ذات قوام منخفض ، زيادة كمية المواد الناعمة ، استخدام المواد الإضافية الحابسة للهواء (air entraining admixtures)، .

ط) التقليل من إعاقة الحركة قدر المستطاع .

ى) لضمان عدم تحرك الشدة الخشبية تنفذ طبقاً للخطوات التالية .

١) توضع فرشات على الأرض من ألواح البونتى أو الموسكي سمك ٢" أو العروق الفلليرى بقطاعات لا تقل عن ٤" × ٤" تحت أقدام القوائم .

٢) تقام القوائم من العروق الفلليرى بقطاعات ٣" × ٤" أو ٤" × ٤" أو ٤" × ٥" أو ٤" × ٦" بوصة تبعاً للأحمال والأثقال الواقعة عليها وعلى مسافات تتراوح من ٠,٧٠ إلى ١,٠٠ متر من المحور للمحور .

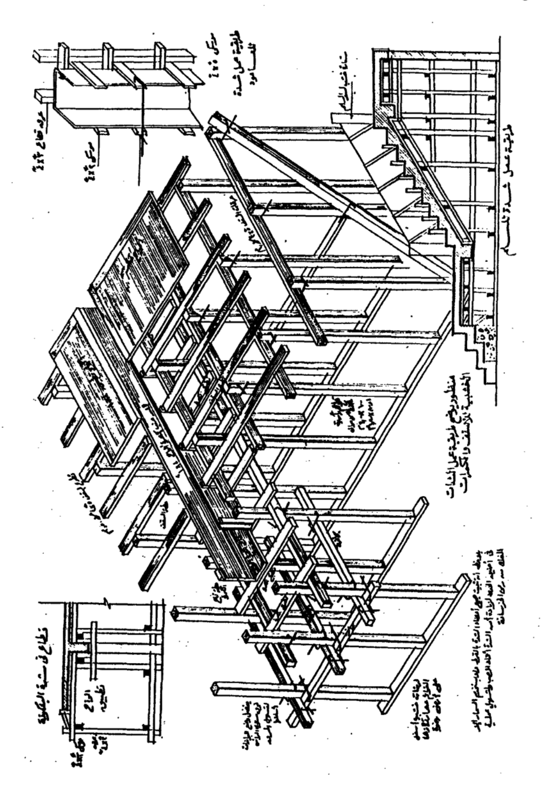
٣) تثبت القوائم بشدات أفقية فى الاتجاهين على ارتفاع ٢ متر من سطح الأرض بواسطة قمط وهذه الشدات تعمل على مدادات خشب سويد قطر ٢ × ٤ بوصة أو عروق قطاع ٣ × ٣ بوصة .

٤) عند رؤوس هذه القوائم تثبت العروق بمدادات من الخشب السويد بقطاع ٢" ، ٤" ، ٥" ، أو ٦" بوصة بواسطة القمط وتوضع عليها التطاريح على بطنها من مدادات خشب سويد قطاع ٢ × ٤ أو ٢ × ٦ بوصة وتثبت التطاريح بالمسمار على المدادات بحيث لا تزيد المسافة عن ٥٠ سم من محور التطاريح .

٥) على هذه التطاريح تسمر ألواح التطبيق وهى من لوح خشب أبيض سمك ١ بوصة (لتزانة) وبعرض ٤ إلى ٦ بوصة ويجب أن تكون هذه العبوات للأسقف الأفقية تماماً .

٦) يراعى التدعيم جيداً للكمرات وبحيث لا تزيد المسافة من محاور الدكم عن ٥٠ سم وتضفضع (تمسك) بواسطة القمط من أسفل الكمرة .

٧) يراعى فى حالة عمل وصلات للقوائم أن تكون بواسطة عروق يجب تثبيتها مع القوائم بواقع قطعتين لكل وصلة مع وضع قبقاب من الخشب أسفلها وأعلاها وتوضع عبوات الخرسانة المسلحة على أجزاء بحيث يمكن فك كل جزء منها على حدة بدون حدوث اهتزاز أو عطب للأجزاء الأخرى أو القوائم ولا يسمح بفك الفرم إلا بعد مرور المدد التالية :



٢ يوم للألواح الجانبية للأعمدة وجوانب الكمرات والطبانات .

١٣ يوماً للبلاطات والكمرات والأعتاب التى لا يزيد بحرها عن ٤,٠٠ متر .

١٥ يوماً للبلاطات والكمرات والأعتاب التى يزيد بحرها عن ٤,٠٠ متر .

وفى حالة استعمال الأسمنت مبكر القوى (سريع التصلب) تنخفض مدة الكمرات والبلاطات والأعتاب إلى ثمانية أيام مع ملاحظة رش الخرسانة يومياً مرات كافية لبقائها منداه دوماً بالمياه لمدة لا تقل عن أسبوعين فى حالة الأسمنت العادى وأسبوع فى حالة استعمال أسمنت سريع التصلب .

٣ – شروخ التقلص الحرارى المبكر : Early thermal contraction

تتولد أثناء الشك والتصلد المبكر حرارة ناتجة من التفاعل الكيميائى بين الأسمنت والماء وغالباً ما تتولد كمية كبيرة من الحرارة وترتفع درجة حرارة الخرسانة عن درجة حرارة الجو المحيط وخاصة فى العناصر الضخمة .

وبعد أيام قليلة (٧ – ١٤ يوماً) يهبط معدل تولد الحرارة إلى أقل من معدل فقدانها (لانخفاض درجة التفاعل) فتنخفض درجة حرارة الخرسانة إلى درجة حرارة الجو المحيط وخلال هذه التغيرات التى تطرأ على درجة حرارة الخرسانة تعاق حركة التقلص الناتج من انخفاض درجة حرارتها (برودتها) وتتولد نتيجة لذلك إجهادات شد تسبب التشققات .

وتتناسب هذه الإجهادات مع مقدار التغيير فى درجة الحرارة ، ومعامل التمدد الحرارى ، ومعامل المرونة ، ودرجة إعاقة الحركة ، وتكون إعاقة الحركة إما باختلاف درجة الحرارة بين السطح والداخل . خاصة فى الأعضاء التى لها سمك كبير (إعاقة داخلية) ، أو عندما تصب خرسانة حديثة بجانب خرسانة قد سبق صبها منذ فترة ولم تكن هناك فواصل تمدد كافية للسماح بحركة التقلص الناتجة .

ويمكن التمييز بين شقوق التقلص الحرارى وشقوق الانكماش التى يسببها الجفاف الطويل الأمد لأن الأولى تظهر عادة فى الأسبوعين الأولين من صب الخرسانة بينما تظهر شقوق الانكماش بعد عدة أسابيع أو شهور .

وقبل أن نتعرض للاحتياطات الواجب اتخاذها لمنع هذه التشققات يجب معرفة ماهية الخرسانة المسلحة .

من المعروف جيداً أن الخرسانة المسلحة تتمتع بمقدرة عظيمة على تحمل الضغوط لكنها مادة ضعيفة حيال الشد ، والخرسانة ليست مادة واحدة ولكنها مادة مركبة أو جملة مواد جمعت إلى بعضها البعض فأعطت شيئاً جديداً ، ويجب إجراء توازن واختبار جيد بين كل المكونات من الحديد والرمل والزلط والأسمنت والماء حتى يحصل المهندس الإنشائى على الخصائص والمواصفات الفنية ومن ناحية أخرى فإن الأسمنت – المادة اللاصقة – فى الخرسانة وبين الحديد يشكل فى حد ذاته خطراً على حديد التسليح فى المرحلة الأولى المقدرة بحوالى ٢٨ يوماً ، وكثيراً ما يسبب صدأ الحديد أو اتساع سطحه فى إضعاف قوى الربط ، والمثير للدهشة اعتقاد الكثيرين بأن حديد التسليح معزول عن الصدأ ، أو بمعنى أصح وأدق ، عوامل الصدأ لا تؤثر داخل الكتلة الخرسانية ، والحقيقة تكاد تثبت عكس هذه النظرية تماماً ، لكن حتى يتضح الأمر على حقيقته يجب دراسة مكونات الخرسانة بالتفصيل الجيد حتى يمكننا التعرف على جميع هذه الخصائص كى نتلافى أى أخطار من تلك الخصائص .

الاحتياطات الواجب اتخاذها لمنع حدوث هذه التشققات :

أ) تخفيض درجة الحرارة الداخلية للخرسانة ، أو خفض الفرق بينها وبين حرارة السطح (العزل الجيد لكامل القطاع ، التحكم فى معدل التبريد) .

ب) اختيار نوع من الركام له معامل تمدد حرارى منخفض (الحجر الجيرى يفضل فى هذه الحالة عن البازلت) .

جـ) زيادة نسبة التسليح الخاص بمقاومة التقلصات الحرارية (اختيار قضبان ذات أقطار صغيرة وذات نتوءات) وخفض الغطاء الخرسانى إلى الحد الأدنى الذى يفى بالمتطلبات الأخرى .

د) توفير فواصل حركة كافية ومناسبة وخفض الزمن بين صب الأعضاء الخرسانية المتجاورة إلى الحد الأدنى .

٤ – شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف :

Long - term drying shrinkage

شروخ الانكماش بالنسبة للأعضاء الخرسانية فعادة تظهر شعرية بامتداد حديد التسليح وتظهر قبل تحميل العضو الخرسانى سواء بلاط أو كمرة أو عمود . وعادة يكون لها تأثير مباشر فى تكوين الشروخ التى تظهر بعد تحميل العضو .

وتظهر أول شروخ الانكماش عادة فى أضعف مقطع للعضو الخرسانى ويكون هذا الضعف نتيجة عدم كفاءة الحساب الإنشائى أو المواد المستخدمة فى الخلطة الخرسانية .

ومن حسن الحظ فى بعض الحالات يقابل التأثير الكبير الخاص بالانكماش التأثير الخاص بالزحف مما يقلل من خطورة شروخ الانكماش . وقد تظهر شروخ الانكماش كفاصل بين

الأعضاء الخرسانية وبين المبانى الطوب نظراً لاختلاف معامل التمدد الحرارى بينهما .

شروخ الانكماش الناتج من الجفاف

الاحتياطات الواجب اتخاذها للتقليل من حدوث شروخ الانكماش الناتج عن الجفاف :

أ) توفير التسليح المناسب .
ب) توفير الفواصل الكافية اتجاه الأشكال المختلفة للحركة .
جـ) التصميم والتنفيذ طبقاً لأحدث أنظمة البناء .

ويمكن أيضاً التخفيف من احتمال ظهور الانكماش الناتج عن الجفاف باتباع الآتى :

أ) استعمال أقصى كمية عملية ممكنة من الركام وأقل كمية من ماء الخلطة تسمح بها ظروف التنفيذ .

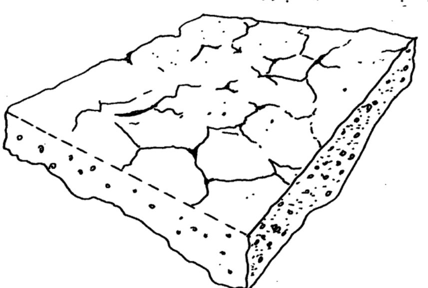
ب) اختيار نوع جيد من الركام وأكبر مقاس اعتبارى ممكن .

جـ) الاهتمام بالمعالجة وخاصة للمساحات الكبيرة والمكشوفة (زيادة مقاومة الشد) .

د) إزالة الإعاقة الخارجية للحركة أو تخفيفها قدر المستطاع .

٥ – الشروخ الشبكية : Grazing (شروخ سرطانية)

تعتبر هذه الشروخ نوعاً من أنواع الانكماش الجاف على صورة مصغرة ، فهى تنتج عن إجهادات الشد التى يتعرض لها السطح كما فى الشكل التالى وتحدث عادة عندما تكون هناك فروق واضحة فى كمية الماء السطحية عن تلك المتوفرة فى الطبقة الأدنى منها (الداخلية) وهى غير مرتبطة بالزمن (تقدم عمر الخرسانة) أو بالمساحة المعرضة للهواء وإنما ترتبط بالظروف الحرجة التى تؤدى إلى أحد العوامل الآتية :



شروخ سرطانية بسبب الانكماش اللدن الناتج من الجفاف

أ) معدل تدرج عالى فى تركيز الرطوبة .

ب) عدم تجانس مكونات الخرسانة بالقرب من السطح المكشوف .

جـ) يجب عند نقل الخرسانة ووضعها فى أماكنها أن يتجنب كل ما من شأنه انفصال جزئياتها .

وليكن معلوماً أن إطالة مدة الدمك عن اللازم تسبب انفصالاً فى حبيبات الخرسانة وتجعل كميات كبيرة من لبانى الأسمنت تطفو على السطح . كما يجب مراعاة تراكم الزلط الداخل من الخرسانة حول التسليح أو الفرم منعاً من تعشيش الخرسانة أو وجود فراغات حول التسليح تضر بسلامة المنشآت .

د) عند توقف الصب لمدة قصيرة لأى سبب يجب عدم ترك ما تم صبه قبل الطبقة التالية لمدة تزيد على نصف ساعة أو لمدة لا تزيد على المدة اللازمة للشك الابتدائى للأسمنت الداخل فى تكوين الخرسانة على الأكثر كما يجب أن يزال ما يظهر

من مياه على سطح لحام الخرسانة قبل معاودة صب الخرسانة ثانياً .

هـ) تحفظ الخرسانة رطبة باستمرار ابتداء من وقت تصلد السطح بدرجة كافية لا تقل عن سبعة أيام وذلك عند استعمال الأسمنت البورتلاندى العادى ، ولمدة ثلاثة أيام عند استعمال الأسمنت البورتلاندى سريع التصلد ، ويتم رش الخرسانة جيداً بالماء أو بتغطية السطح بقماش نسيج الجوت الخيش أو قش الأرز مع حفظها فى حالة رطبة بالرش المستمر لمدة خمسة عشر يوماً .

أسباب ظهور التشققات الشبكية :

أ) الظروف المناخية القاسية وعلى وجه الخصوص انخفاض الرطوبة النسبية .

ب) الشدة غير المنفذة والناعمة (البلاستيكيـة ، الحديدية) .

جـ) الخلطة الغنية بالأسمنت والخلطات السائلة .

د) الهز الزائد عن المطلوب (يؤدى إلى طبقة سطحية ناعمة وغنية بالماء) .

هـ)الإنهاء (التشطيب) المبالغ فيه .

و) المعالجة غير الفعالة (جفاف / رطوبة) .

طرق العلاج :

أ) ينصح أحياناً باستعمال طارد للماء من السطح .

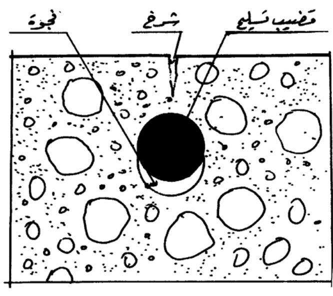
ب) إزالة الطبقة المتشققة آلياً أو كيميائياً عندما تكون الناحية الجمالية مهمة مع توقع تغير فى مظهر الخرسانة .

جـ) ويمكن النظر إلى هذه التشققات على أنها طبقة رقيقة من سطح الخرسانة تتضرر بحيث تصبح كقشرة رقيقة يمكن إزالتها . وتكون الطبقة التى تليها ذات قوة أفضل ومتانة أكبر . ولهذا فغالباً ما تكون هذه التشققات ذاتية الالتئام ولا تؤدى إلى مشكلات فى قوة التحمل لا فى حالة الخرسانة المعرضة للبرى (abresion) .

٦ - شروخ بسبب تآكل التسليح :

Corrosion of reinforcement.

تتعرض المنشآت الخرسانية أثناء وبعد الانتهاء من تشييدها لعوامل بيئية مختلفة تؤثر على متانتها وحسن مظهرها . وقد يحدث هذا التضرر سريعاً أو يأخذ وقتاً قبل ظهوره . ويعتبر تأكسد حديد التسليح أحد أسباب تصدع المنشآت الخرسانية خاصة فى المناطق الساحلية . بالإضافة إلى ما يسببه التأكسد من ضعف مقاومة حديد التسليح فإنه يسبب تفتت وتكسر الخرسانة المحيطة به كما فى الشكل التالى مما يلحق بالمبنى أضراراً إنشائية ومعمارية . وتعتمد الفترة التى يستغرقها تأكسد حديد التسليح . على نوعية الخرسانة الموجودة وجودة التنفيذ ومواد العزل المستخدمة والعوامل البيئية المحيطة . الغرض من هذا البحث تقديم نبذة عن مسببات تأكسد حديد التسليح وطرق العلاج المستخدمة وعليه لا بد من التعرف على صلب التسليح عن تكوينه وخصائصه وهى كالآتى :



شكل يبين وجود شرخ نتيجة صدأ حديد التسليح

أولاً : صلب التسليح : ويصنع هذا النوع من الحديد بإحدى طريقتين :

الأولى : صهر الحديد الخردة وضبط مكوناته ببعض الإضافات عليه أثناء الصهر ، أو بالطريقة الثانية والتى تتلخص فى اختزال خامات الحديد داخل الأفران العالية باستخدام فحم الكوك والحجر الجيرى ، ويتطلب الاختزال بذل طاقة حرارية عالية تناهز ٤٧ مليون جول للطن الواحد ومعنى استخدام حرارة عالية للاختزال أن معدن الحديد المتكون أجبر على التواجد فى منطقة طاقة عالية أو منطقة نشطة ولذا فالمعدن غير مستقر ويميل سريعاً إلى الانتقال إلى منطقة أقل ، ولهذا يتجه الحديد بسرعة ناحية تكوين أكاسيد الحديد مثيلة تلك الأكاسيد المتوافرة عنه فى الطبيعة وتسمى عملية الانتقال من مستوى طاقة أعلى إلى المستوى الأدنى بالتآكل والنحر . ويتطلب الحديد لإتمام الانتقال توافر قدر معقول من الرطوبة .

ثانياً :ميكانيكية التأكسد : التأكسد عبارة* عن عملية كهروكيميائية تحدث نتيجة للأسباب التالية :

١) مرور تيار كهربائى مباشر نتيجة حدوث تسرب أو التماس كهربائى مسبباً التأكسد .

٢) حدوث فرق فى الجهد الكهربائى بين عدة نقاط فى الخرسانة المسلحة وذلك نتيجة الرطوبة والأكسجين والمحلول الكيميائى أو نتيجة التماسها لمواد معدنية أخرى فتسبب عملية التأكسد فى حدوث خلايا مركزة ، حيث تصبح منطقة من حديد التسليح موجبة والمنطقة الأخرى سالبة كما فى الشكل التالى .

تفتت وتكسير الخرسانة نتيجة لتأكسد حديد التسليح

ميكانيكية تأكسد حديد التسليح

ثالثاً : ميكانيكية تآكل حديد التسليح ودوره فى تصدع المنشآت الخرسانية :

أظهرت التحاليل الكيميائية لعينات من الخرسانة التى تم الحصول عليها من المنشآت التى تصدعت تحت ظروف البيئة المختلفة فى مصر احتواءها على نسب من الأملاح وخاصة الكلوريدات والكبريتات التى تتفاوت وفقاً لظروف كل منشأ، كما لوحظ أيضاً ارتفاع نسبة الكربونات بصفة عامة كما يوضح ذلك الجدول التالى .

كما أظهرت التجارب الكهروكيميائية. وقياسات الجهد الكهربى فى الدائرة المفتوحة لحديد تسليح لم يستخدم فى محاليل مائية لخلطة الخرسانة للعينات السابقة اتجاه قيم الجهد نحو الاتجاه السالب – إلى قيم وصلت حتى ٦٧٠ مللى فولت – مما يعطى دلالة قاطعة على قابلية حديد التسليح للتآكل فى هذه الخرسانة.

ولما كان تآكل حديد التسليح فى الخرسانة ينشأ عن تكوين خلايا دقيقة جلفانية على سطحه تختلف مكوناتها وفقاً للوسط المحيط ، فقد أمكن تصور خلية كالتالية تعتبر مسئولة عن العديد من حالات تآكل حديد التسليح فى الخرسانة المسلحة تحت تأثير الأوساط المختلفة فى مصر .

ويؤدى تآكل حديد التسليح إلى زيادة حجمه بمقدار حوالى ٢,٢ قدر الحجم الأصلى مما يولد ضغوطاً كبيرة داخل الخرسانة تصل إلى حوالى ١٥٥ كجم / سم٢ مما يؤدى إلى تصدعها .

الخلية الجلفانية المسئولة عن العديد من حالات تآكل حديد التسليح فى الخرسانة

حديد تسليح	خرسانة ضعيفة النفاذية + خرسانة قلوية رقم هيدروجينى مرتفع + أملاح	خرسانة عالية النفاذية + خرسانة كربوناتية رقم هيدروجينى منخفض + أملاح	حديد تسليح

جـ) حماية حديد التسليح :

قد يأتى الحل بمعرفة طبيعة الداء والمرض ، فتكون المحلول القلوى يساعد الحديد على إتمام تفاعلات سطحية مكوناً أيدروكسيد الحديد الجيلاتينى القوام غير المنفذ وتحيط الأسياخ وتعزلها عن باقى التفاعلات . وطبقة الأكسيد أو الأيدروكسيد هى ذاتها التى تكسب الحديد الذى لا يصدأ خاصية عدم الصدأ وتجعل غاز التيتانيوم يسلك مسلك المعادن النبيلة كالذهب والفضة والبلاتين رغماً عن اعتباره معدناً أشد نشاطاً وهو نفس السبب الذى جعل مصممى الأوبرا سيدنى باستراليا يربطون البلاطات الخرسانية بمسامير من التيتانيوم ، وهى نفس النظرية التى على أساسها صنع الحديد الإنشائى عديم الدهانات المعروفة باسم حديد كورتن corten مانع التآكل والآن اتضحت ميكانيكية الصدأ على وجه بسيط وبقى العلاج ، وهو الذى انتهت إليه بعض الدراسات كالآتى :

١ - إحكام إحاطة حديد التسليح بطبقة عازلة كثيفة من الخرسانة .

٢ - يزداد عزل الخرسانة طردياً مع زيادة كمية الأسمنت

٣ - تقل نفاذية الخرسانة عند استخدام الحد الأدنى من الماء .

ـــ وهناك اتجاهات تدعو إلى تصنيع القواطيع الخرسانية من مواد مسامية خفيفة ، ورغم جودة وخفة الحوائط إلا أنها تعانى بشدة من تسرب الماء والهواء إلى قلب الخرسانة والإحاطة بالحديد والنحر فيه .

ـــ ويقترح بحث مشترك بين مهندس مدنى وزميل كيميائى تغطية الحديد بمواد عازلة غير منفذة مثل البيتومين لكن الاختبارات الحقلية جاءت ضد البحث ووجد أن القطران يؤدى إلى إضعاف قوى الروابط بين عناصر الخرسانة وتجعلها واهية لا تصلح للأعمال الإنشائية .

وهى نتيجة متوقعة تماماً مع نتائج حلقة حديد التسليح وإن كانت أبحاث الخرسانة خاصة فى إنشاءات تتآكل بسبب الشروخ .

د) الاحتياطات الواجب اتخاذها لتفادى الشروخ الناتجة عن تآكل حديد التسليح .

١) تعيين نسبة الكلوريدات كيميائياً (كنسبة وزنية لكلوريد الكالسيوم / الأسمنت) .

٢) إذا كانت النسبة فى حدود (٠,٥٠ ٪) فهذا يدل على أن الحالة ليست خطرة ، ويمكن أن يكون السبب عائداً إلى أن الغطاء الخرسانى غير كاف أو أن الخرسانة منفذة للماء ، فإذا عرف السبب أمكن إجراء الترميم اللازم لعلاج هذه الأسباب المؤدية لعملية التآكل .

٣) أما إذا كانت النسبة فى حدود (٢٪ - ٤٪) فهذا دليل على أن هناك تركيزاً عالياً للكلوريدات ، ولا بد من معرفة مصدره (إن كان داخلياً من الركام أو من المواد الإضافية مثلاً أو كان خارجياً من الماء أو التربة أو نحو ذلك) ، وقد يكون من الصعب معالجة مثل هذه الحالات ، لأن الكلوريدات تتفاعل أحياناً ببطء حتى فى الظروف الجافة .

٤) ويكون إصلاح الأماكن المتضررة بإزالة كامل الخرسانة المجاورة للشقوق والمحيطة بالتسليح المتأثر بحيث تزال المنطقة حول القضيب ، ومن ثم يجرى تنظيف الصلب وحمايته بمادة مناسبة (إن أمكن) ثم تملأ المنطقة بطبقة من الخرسانة الناعمة أو المونة ويمكن أن يستخدم لذلك أيضاً مادة الإيبوكسى .

هـ - الصلب الغير قابل للصدأ كمادة إنشائية :

ربما كان من الأنسب أن نذكر بإيجاز بعض الخصائص المهمة للصلب الغير قابل للصدأ تستخدم هذه الأنواع من الصلب بكثرة كمادة إنشائية ذات كفاءة عالية وخصوصاً فيما يتعلق بمقاومتها للتآكل بشكل عام . وتتميز الأنواع الأوستنتية من الصلب بقابلية جيدة للسحب مما يتيح سهولة الحصول على صفائح وأسلاك وقضبان يمكن لحامها .

وأكثر أنواع الصلب الأوستنيتى شيوعاً فى الاستخدام هو الصلب المعروف برقم ٣٠٤ والذى يحتوى على ١٨٪ من الكروم و ٨٪ من النيكل والباق من الحديد مع إضافات بسيطة من الكربون وعناصر أخرى . ويلى هذا النوع من الصلب النوع المعروف برقم ٣١٦ والذى ترتفع فيه نسبة النيكل إلى حوالى ١٠٪ ويضاف إليه حوالى ٣٪ من فلز الموليبدان . وترجع قدرة هذه الأنواع من الصلب على مقاومة التآكل إلى تواجد طبقة رقيقة شفافة من الأكسيد على أسطحها تحميها بكفاءة فى الأجواء النظيفة الرطبة . ومع هذه الخواص المميزة إلا أن أنواع الصلب الأوستنيتى قد تتعرض تحت ظروف معينة إلى أنواع مختلفة من التآكل هى :

١) **التآكل العام : General corrosion** : ويحدث عندما يفقد الصلب طبقة الأكسيد الحامية له وذلك إذا تعرض للمحاليل الحمضية القوية .

٢) **التآكل الصدعى : Crvice corrosion** : ويتم إذا تغطى جزء من الفلز بمادة عازلة تسمح بوجود طبقة رقيقة من السوائل تحتها . وينتج عن هذا النظام تقمصاً فى الأكسوجين تحت الغطاء يولد ما يسمى بخلية الأكسوجين التركيزية oxygen concentration cell وهذا النوع من التآكل يحدث غالباً حيث تستخدم الحشايا gaskets ولذلك فهو يعرف أيضاً باسم تآكل الحشايا (gasket corrosion) .

٣) **التآكل الثقبى : Pitting corrosion** : ويحدث بصفة خاصة فى وجود تراكيز عالية من أيونات الكلوريد على سطح الفلز تسبب اختراق طبقة الأكسيد فى بعض نقاطه الضعيفة وتعامل هذه الأيونات مع السبيكة مباشرة . وتزداد احتمالية هذا التآكل فى المحاليل الحامضية عنه فى المحاليل المتعادلة أو القلوية .

٤) **التآكل الشرخى الإجهادى (ت ش أ) : Stress corrosion cracking** : وفيه تنهار السبيكة اللدنة (Ductile) بشكل فجائى نتيجة لتكون شروخ تؤدى إلى تقصيفها . وكما يدل اسم هذا النوع من التآكل يلزم أن يتواجد الفلز فى حالة إجهاد ناتج عن الشد أو اللى أو الانحناء ، وأيضاً يلزم إلى تواجد عامل خاص

يسهل التآكل يدعى عامل التآكل (عامل ت ش أ) ويكون مسار الشرخ إما بين حبيبات السبيكة ويسمى بالشرخ البينى intergranular crack أو خلال الحبيبات ذاتها ويعرف بالشرخ العرضى transgranular crack وتكون خطورة الـ (ت ش أ) فى ناحيتين أساسيتين .

أ – إذا وجدت مادة عامل التآكل فإن الانهيار يحدث عند معدلات إجهاد أقل بكثير مما هو معروف للمادة ومن الحد الأدنى الذى يأخذه المهندس الإنشائى فى الاعتبار عند التصميم .

ب) إن الانهيار يحدث فجأة وبدون مقدمات ظاهرة ، كما أنه ليس هناك أى طريقة لحساب معدلات تقدم الشروخ .

أسباب انهيار السقف المعلق لحمام سباحة من الحديد الغير قابل للصدأ :

انهار فجأة سقف معلق لحمام سباحة معلق من الحديد الغير قابل للصدأ علماً بأن نفس العلاقات كانت لحديد الغير قابل للصدأ وهذا الانهيار سببه شيئان :

١) إذا وجدت مادة عامل التآكل فإن الانهيار يحدث عند معدلات الإجهاد والتى هى أقل بكثير من المعروف للحد الأدنى للمادة التى تؤخذ فى الاعتبار عند التصميم .

٢) أن الانهيار يحصل فجأة وبلا مقدمات ظاهرة كما أنه ليس هناك طريقة لحساب معدلات تقدم الشروخ واتساعها .

علماً بأن حرارة حمامات السباحة المغلقة لم تزد فى الحالات الاستثنائية عن ٦٠° وفى الأحوال العادية لا تزيد عن ٢٥° .

وهناك عدة عوامل إلى هذه الأسباب وقد اختلفت التبريرات والأسباب التى تدعو إلى هذا الانهيار نوجز منها ما يلى :

افترض كلاً من هربسلب وتايلر أن الصلب ٣٠٤ يتعرض لـ (ت ش أ) عند درجات الحرارة العالية إذا كان فى الحالة الخاملة passive أما إذا كان الصلب فى الحالة النشطة فمن الممكن أن يحدث (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية . وتنتج الحالة النشطة للصلب فى المحاليل الحامضية المحتوية على تراكيز أيون الكلوريد . وقد حصل تورشيو على نتائج مماثلة وأظهرت نتائجه أنه كلما زاد تركيز أيون الكلوريد فى المحلول فإن شروخ التصدع تظهر عند درجات حموضة أقل بفرض بقاء درجة الحرارة ومستوى الإجهاد ثابتتين . وإذا بقيت درجة الحموضة عند ١,٠ جزىء/لتر من حمضى الهيدروكلوريك فإن الصلب يتعرض للتآكل العام إذا كان تركيز أيون الكلوريد ١,٠ جزىء/ لتر وينتج التآكل الثقبى إذا زاد تركيز الكلوريد إلى أقل من ٢ جزىء/ لتر ، ويتحول التآكل إلى (ت ش أ) إذا ارتفع التركيز عن ٢ جزىء/ لتر . ويشاهد هذا التحول فى نوعية التآكل فى المحاليل المحتوية على تراكيز مناسبة من أيون الكلوريد إذا زادت درجة الحموضة تدريجياً . وقد حصل باحثون آخرون على نتائج مشابهة .

أما الباحثون اليابانيون فقد نحوا نحواً جديداً فى بحثهم عن أسباب تعرض الصلب للـ (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية . فقد قاموا بدراسة تأثير رطوبة الجو ونوعية ملح الكلوريد على بدء تكون الشروخ فى نماذج الصلب ٣٠٤ و ٣١٦ ثنيت على هيئة حرف U الإفرنجى وقد تمت الدراسة بوضع الأملاح المختلفة على الجزء المجهد من العينات ثم تعريضها لدرجات مختلفة من الرطوبة . وأظهرت الدراسة أن أملاح الماغنسيوم والكالسيوم والخارصين ، وأيضاً ماء البحر المخبرى Synthetic seawater تؤدى إلى حدوث الـ (ت ش أ) .

مما سبق عرضه من البحوث المنشورة فى هذا المجال يتبين لنا أن:

أ) هناك ظرفان محددان ينتج عن أحدهما (أو كلاهما معاً) انهيار الصلب بواسطة (ت ش أ) عند درجات الحرارة العادية .

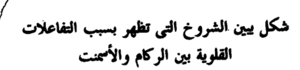
ب) إذا تعرض الصلب لمحلول عالى الحامضية يحتوى على تراكيز عالية من أيونات الكلوريد (حوالى ١٦٪ بالوزن) يعادل التركيز الناتج من التشبع بملح الطعام (كلوريد الصوديوم) .

جـ) إذا تعرض الصلب لتراكيز عالية من كلوريدات الماغنسيوم أو الكالسيوم أو الخارصين فى وجود درجة الرطوبة المناسبة .

٧- شروخ بسبب التفاعل القلوى للركام: Alkali reaction

هو شكل نادر للتمدد والتشقق يحدث تحت الظروف المبتلة أو الرطبة فقط ويجرى هذا التفاعل بين بعض أنواع الركام التى تحتوى على سليكا نشطة active silica مع القلويات الناتجة من إماهة الأسمنت أو التى تتواجد فى بعض المواد الإضافية amixtures أو من ماء الخلطة أو غير ذلك من المصادر كما فى الشكل التالى إضافة إلى ذلك فإنه يمكن للركام أن يؤثر فى عملية تصدع المنشآت الخرسانية من خلال قابلية بعض أنواعه- مثل الشيرت- إلى التفاعل مع القلويات ، حيث يتفاعل هذا الركام الذى يحتوى على سليكا مائية مع أنواع الأسمنتات التى تحوى نسباً عالية من القلويات ليكون مركبات سيليسية تتمدد لتشكل ضغوطاً داخلية فى الخرسانة تؤدى إلى تصدعها – كما أظهرت الدرسات التى أجريت على عينات الخرسانة التى تم الحصول عليها من بعض المنشآت الخرسانية المتصدعة فى مصر أن استخدام الحجر الجيرى والدولوميتى ضمن الركام من الخرسانة المسلحة أدى إلى

تكون مركبات متعددة وخاصة مركبات الأترنجيت والثوماثيت والتى شكلت ضغوطاً شديدة داخل الخرسانة مما أدى إلى تصدعها .



شكل يبين الشروخ التى تظهر بسبب التفاعلات القلوية بين الركام والأسمنت

ـ ولتحديد قلوية الخرسانة تؤخذ مقاطع مختلفة سمك كل منها ١٠ سم من الأجزاء العلوية والوسطية والسفلية ثم يتم سحقها وإبعاد الحصى عنها ثم تسحق مرة أخرى حتى يتم تحويلها إلى بودرة ثم تمزج هذه البودرة بماء مقطر بنسبة ١ : ١ وزنياً ويتم تحريك المحلول لمدة ٣٠ دقيقة ويترك لمدة ٦٠ دقيقة أخرى ثم يتم ترشيح فصل السائل وعندها يتم قياس القلوية باستخدام جهاز الترقيم الهيدروجينى .

ـ العلامات التى تدل على معرفة هذه الشروخ إما أن ترى بالعين المجردة أو بواسطة المجهر المكبر وتتلخص فى التالى :

١) وجود مادة هلامية عند التشققات (شفافة على الأغلب) تسيل على الأسطح الرأسية وتترك أثراً عليها وتبدو بارزة فى الأسطح الأفقية .

٢) بروز فقاعات (Pop outs) على سطح الخرسانة نتيجة لوجود حبيبة كبيرة من الركام تحت السطح مباشرة ويمكن رؤية المادة الهلامية أسفل الفقاعة . وفيما عدا ذلك يكون الضرر نتيجة لسبب آخر (مثل الناتج عن التجمد) .

٣) علامات أخرى مثل الرطوبة الدائمة ، وتغير اللون وتمدد يصعب رؤيته بالعين المجردة فى بداية العملية ، ولا تظهر الشقوق للعيان إلا بعد مرور سنوات عديدة ويصعب علاج هذه التفاعلات بعد حدوثها ولكن الوقاية فى مثل هذه الحالات خير من العلاج والتى تتضمن :

أ) اختيار الركام المناسب .

ب) استعمال أسمنت منخفض القلوية .

جـ) استعمال المواد البوزلانية وتتلخص مواصفاتها فى الآتى :

١ – هى مواد تتفاعل مع الجير الذى يتحرر عند الإماهة مكونة سيليكات وألومينات الكالسيوم غير القابلة للذوبان والتى تعمل على سد الفجوات الداخلية والمسام الشعرية فى عجينة الأسمنت مما يزيد من تحمل الخرسانة مع زمن حيث تقل نفاذيتها للسوائل ومن أكثر المواد البوزولانية شيوعاً مسحوق الرماد Pulverised Fuel ASH - PFA والميكروسيليكا ، وتأثير هذه المواد على الخلطة الخرسانية أنها تعمل على تأخير الشك والتصلد ولكنها لا تؤثر على المقاومة إذا تمت المعالجة بعناية .

٢ – ويمكن استعمال مسحوق الرماد (Pfa) كبديل للرمل (حتى ٢٠٪) أو كبديل للأسمنت وذلك فى الخرسانة التى لا تستعمل لأغراض إنشائية أو فى الخرسانة الكتلية ولكن يجب أن يكون مطابقاً للمواصفات القياسية .

٣ – وتتفاعل المواد البوزلانية مع هيدروكسيد الكالسيوم مكونة عجينة جيلاتينية (gel) من هيدرات سيليكات الكالسيوم الثابتة والتى تقلل الفجوات والمسام الداخلية فى عجينة الأسمنت .

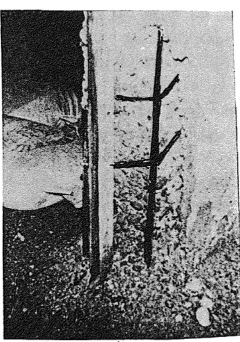
٨ – شروخ بسبب تفاعل الخرسانة مع الكبريتات :

Sulfate reaction

تشكل المياه والتربة المحتويان على كبريتات قابلة للذوبان فى الماء خطراً كبيراً على قوة تحمل الخرسانة وتماسكها . فعندما تتسرب المواد الكبريتية خلال الحجر الأسمنتى وتلامس ألومينات الكالسيوم المتميهة hydrated فإنها تتفاعل معاً مكونة ألومينات الكالسيوم الكبريتية ويصاحب ذلك زيادة كبيرة فى الحجم ينتج عنها إجهادات شد موضعية عالية تؤدى إلى تآكل الخرسانة وتصدعها مع الزمن، ومما يساعد على التخفيف من خطورة هذه المشكلة استعمال الأسمنت البورتلاندى المقاوم للكبريتات ويمكن أيضاً استعمال خلطات من الأسمنت المتعادل وفى الحالات التى تكون فيها نسبة الكبريتات عالية جداً فلا بد من استعمال بعض

أنواع البوزولانا المعروفة بمقاومتها للكبريتات وذلك بعد عمل الاختبارات اللازمة للتأكد من فعاليتها .

أما من ناحية جهة الأساسات فمن المعروف أن الأسمنت لا يقاوم تفاعل غازات مياه المجارى لأن كبرتيد الأيدروجين H_2S hydrogen sulphid التى تتحول إلى حامض كبريتيد لـ H_2SO_4 بفعل الأكسجين الممتص من البكتريا اللاهوائية وهذا الحامض يتفاعل ويؤثر تأثيراً شديداً على المواد الجيرية والموجودة بنسبة كبيرة فى الأسمنت ويرجى الرجوع إلى ما كتب عن حماية الأساسات من الأحماض والأملاح بالباب الأول .



تهتك فى العامود بسبب تخزين سماد كيماوى بجواره

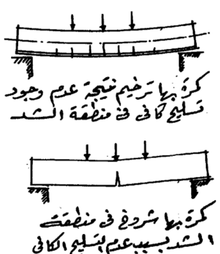
٩ - الشروخ الإنشائية :

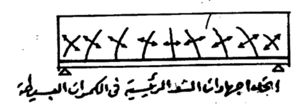
١) شروخ بسبب أخطاء التصميم :

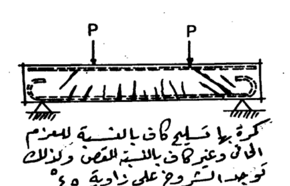
حدوث العيوب بالمنشآت الخرسانية :

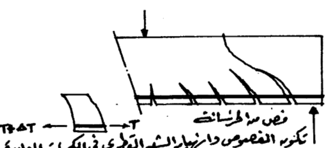
● **قصور التصميم الإنشائى :** يعتبر القصور التصميمى الإنشائى من أهم أسباب حدوث العيوب بالعناصر الإنشائية للمنشآت الخرسانية وتختلف درجة التأثير ابتداء من انتشار الشروخ الشعرية إلى الشروخ المتوسطة والكبيرة ونهاية بالانهيار الكامل ، ويرجع القصور فى التصميم إلى أحد الأسباب التالية :

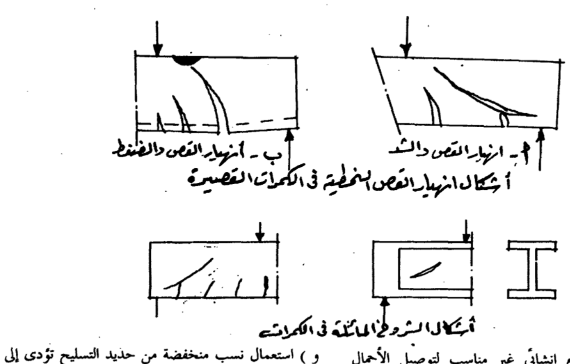
أ) عدم اتباع اشتراطات المواصفات القياسية والقواعد التطبيقية لتصميم وتنفيذ الخرسانة المسلحة خاصة فى حساب الأحمال المعرض لها المبنى والإجهادات الناتجة عن هذه الأحمال والإجهادات المفروض أن تتحملها القطاعات الخرسانية بأمان كاف والمحددة فى المواصفات القياسية . والرسومات التالية تبين أسباب الانهيارات والشروخ فى أعضاء المنشأ نتيجة الشد والضغط .











أشكال انهيار القص النمطية فى الكمرات القصيرة

أشكال الشروخ المائلة فى الكمرات

ب) اختيار نظام إنشائى غير مناسب لتوصيل الأحمال بطريقة واضحة حتى منسوب الأساسات .

جـ) الخطأ فى الحسابات الإنشائية .

د) إهمال عمل جسات بعدد كافٍ لتحديد خواص التربة ونوعية الأساسات المناسبة لهذه الخواص قبل البدء فى اختيار نظام الأساسات المقترح .

هـ) عدم الاهتمام بتصميم ميدات قوية رابطة للأساسات وخاصة الميدات الرابطة لقواعد الجار .

و) استعمال نسب منخفضة من حديد التسليح تؤدى إلى ضعف إجهادات القطاعات الخرسانية أو عدم توزيع الحديد ليغطى قوى الشد والضغط . والرسومات التالية تبين كيفية تغطية الإجهادات للقص إما بالكانات أو بالتسليح الحزمى وخلافه أو استعمال نسب عالية تؤدى إلى صعوبة صب الخرسانة ووجود فراغات داخلها (ظاهرة التعشيش) .

B S S B 45 A
$x = d(\cot 45 + \cot \alpha)$

قوى القص التى يقاومها التسليح الجزئى

C Q_{cz} Q_a T Q_d

توزيع مقاومة القص فى كمرة بها تسليح جزئى

كانات عمودية

أسياخ مكسحة وكانات عمودية

القص فى خرسانة الضغط C

القص للانزلاق بين الركام Q_{cz}

القص فى حديد التسليح T

Q_a Q_d

كانات مائلة

أشكال التسليح الجزئى فى الكمرات

ز) إهمال بعض الأحمال التى قد يتعرض لها المبنى مثل تأثير الرياح والزلازل وغيرها من العوامل الطبيعية .

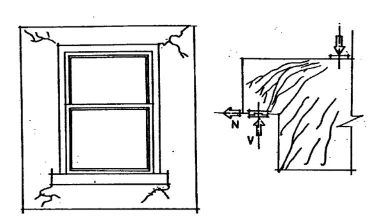
حـ) الإهمال فى تصميم فواصل التمدد والانكماش والهبوط والفواصل الإنشائية .

ط) إهمال الظروف المحيطة بالموقع والتى قد تؤثر على التصميم مثل منسوب ونوعية أساسات المبانى المجاورة والتغير المنتظر فى منسوب المياه الجوفية .

وسنعرض لبعض الأشكال الناتجة عن سوء التصميم :

● تشققات الأركان والزوايا :

تعتبر هذه الأماكن موقعاً مميزاً لتركيز الإجهادات ، ولذلك فهى موضع رئيسى لبدء التشققات وسواء كانت الإجهادت مرتفعة بسبب التغيرات الحجمية أو الأحمال التى تقع فى مستوى واحد مع العضو **in plane** أو من العزوم فعلى المصمم أن يأخذ فى اعتباره هذه الإجهادات المرتفعة ويضع لها التسليح المناسب حتى تبقى هذه الشقوق الحتمية فى أضيق حد ممكن ويبين الشكل التالى مثالين لما يمكن أن يحدث فى أركان الجسور وفتحات النوافذ ومما تجدر الإشارة إليه أن مثل هذه التشققات يمكن أن تحدث فى البلاطات والجسور أيضاً إذا جرى عمل فتحات كبيرة لمجارى التكييف ونحوها ولم تزود بالتسليح المناسب واللازم .



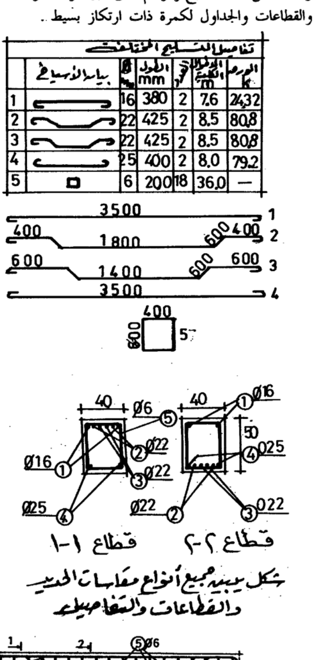
أعضاء لم تسلح جيداً نتج عنها شروخ فى الزوايا

● شروخ نتيجة لضعف الخلطة الخرسانية :

إن ضعف الخلطة الخرسانية يكون إما بسبب استخدام ركام غير مطابق للمواصفات فى خواصه أو تدرجه وإما بسبب قلة نسبة الأسمنت فى الخرسانة وفى أى حالة من تلك الحالات تنتج لدينا خرسانة ذات قوة مقاومة ضعيفة للضغط ويمكن علاج هذه الحالة عن طريق حقن الخرسانة إما باستخدام مونة أسمنتية غنية أو استخدام مواد سريعة بولمرية لملء الفراغات الموجودة داخل الخرسانة وبالتالى زيادة مقاومتها للضغط وزيادة تحملها للقوى المعرضة لها والتأكد من تغطية حديد التسليح وعدم تعرضه للصدأ من الجو المحيط به .

ــ شروخ سببها التسليح غير الكافى والتفاصيل غير المكتملة :

١) على الرغم ومما اشتهر عن زيادة نسبة التسليح فى التصميم الإنشائى عن النسبة اللازمة إلا أن بعض الحالات تدل على حدوث تشققات سببها عدم قدرة التسليح على تحمل العزوم أو قوى القص التى تتعرض لها ولعل ذلك راجع إلى الخطأ البشرى ويمكن أن يكون التصميم مثالياً ولكن لم يعمل تفريد للحديد وأطواله وأماكنه وعمل قطاعات تكفى للمنفذ وتعطيه صورة واضحة عن هذا التسليح والرسم التالى يبين طريقة تفريد الحديد والقطاعات والجداول لكمرة ذات ارتكاز بسيط .



تفاصيل التسليح المختلفة						
	بيان الأسياخ	Ø mm	الطول mm	العدد	الطول الكلى m	الوزن kg
1		16	380	2	7.6	24.32
2		22	425	2	8.5	80.8
3		22	425	2	8.5	80.8
4		25	400	2	8.0	79.2
5		6	200	18	36.0	—

قطاع ٢-٢ قطاع ١-١

شكل يبين جميع أنواع مقاسات الحديد والقطاعات والتفاصيل

(١) تم تسليح علوى ـ (٢/٣) تم تسليح تكسيح ـ (٤) تم تسليح سفلى

٢) إن قلة نسبة الحديد داخل الخرسانة عن تلك المفروضة لمقاومة الأحمال المؤثرة على القطاع الخرسانى قد تسبب حدوث شروخ ظاهرة فى الخرسانة وهناك بعض الأمثلة لحالات ظهور الشروخ فى القطاعات الخرسانية فقد تكون نتيجة لنقص حديد التسليح الموجود فى اتجاه الشد فى الخرسانة أو عدم وضع حديد تسليح كاف لمقاومة قوة القص فى الكمرات أو عدم وضع الكانات على مسافات مضبوطة فى حالة الكمرات أو الأعمدة وتعتبر هذه هى الحالات الأكثر شيوعاً فيما تم دراسته من حالات التصدعات فى المبانى .

٣) ومن أمثلة ذلك تسليح عضو تسليحاً خفيفاً لأنه عضو غير إنشائى وقد يكون مربوطاً بالهيكل الخرسانى بطريقة تجبره على حمل جزء من الإجهادات وهو فى الواقع لا يتحمل هذا الإجهاد لقلة تسليحه بالإضافة إلى الكوابيل القصيرة عندما لا تصمم على القوى الأفقية المتولدة من الاحتكاك فيضع كانات غير كافية ويحدث شروخ القص وكذلك يحدث فى كراسى كمرات الكبارى فالركائز المتحركة فى الكبارى تصبح غير قابلة للحركة مع الوقت بفعل الصدأ والأتربة وعندئذ تتولد قوى جانبية تؤدى إلى وجود القص .

٤) ويمكن علاج قلة الحديد فى اتجاه الشد للكمرات إما بإضافة حديد تسليح للكمرة عن طريق عمل تخشين فى الخرسانة القديمة وإضافة بعض أسياخ التسليح وتثبيتها فى الكمرة بصب خرسانة جديدة وبذلك يتم تربيط حديد التسليح المضاف إلى قطاع الكمرة القديم فيزداد بالتالى عمق الكمرة كما يزداد تسليحها بالنسبة المطلوبة عن طريق حساب قطاع الكمرة الصحيح اللازم لمقاومة الأحمال المؤثرة على الكمرة – ويمكن استبدال حديد التسليح المضاف إما بشرائح من الصلب أو بالمواد الإيبوكسية الحديثة .

أما فى حالة ظهور الشروخ نتيجة لقلة الحديد المكسح المقاوم لقوة القص بالخرسانة فإن علاجها يكون إما بإضافة كانات للقطاع أو إضافة أسياخ مكسحة فى جوانب الكمرة ثم صب خرسانة جديدة حولها بعد تخشين سطح الخرسانة القديمة لحدوث قوة تماسك بين الاثنين وحتى يعمل القطاع كله على أنه وحدة واحدة متجانسة .

ملاحظات عامة على الأساسات :

أ) يجب ذكر عدد أدوار المبنى وهل يتحمل أدوار إضافية أم لا وكم عدد الأدوار .

ب) جهد الضغط على الأرض .

جـ) يراعى أن تنطبق محاور الدكة والقاعدة المسلحة على محاور الأعمدة المقامة أعلاها .

د) تؤخذ وتحقق أبعاد المحاور من الرسومات المعمارية .

هـ) عمق التأسيس ومنسوب ظهر الميدات بحسب القطاع النموذجى لقواعد الأعمدة .

و) الأربطة فى جميع الأعمدة ٥ϕ٦/م وتكون كالشكل التالى:

فى الأعمدة بقطاع ٢٥ × ٤٠ سم أو أقل .

فى الأعمدة بقطاع ٢٥×٤٥ سم وحتى ٣٥×٦٥ سم.

فى الأعمدة بقطاع ٢٥ × ٧٠ سم فأكثر

ز) طول الأشاير للأعمدة لا تقل عن ٤٠ مرة قطر السيخ .

ح) يراعى ترحيل الأعمدة عن محاور المبانى على الرسم قبل البدء فى التنفيذ لضمان محور القاعدة مع محور العامود .

ملاحظات خاصة بالأدوار المكررة :

١) يجب ذكر مقدار الحمل الحى والميت التى تم على أساسه التصميم.

٢) تحديد سمك جميع البلاطات مبين عليها داخل دوائر .

٣) يراعى فى جميع البلاطات أن يكسح سيخ ويترك الآخر على التوالى ابتداء من خمس البحر ويستمر السيخ المكسح إلى ربع البحر المجاور من الجهتين .

٤) فى البلاطات الطرفية يراعى أن يكون التكسيح على مسافة ٢٠ سم من وجه جنب الكمرة الداخلى .

٥) فى البلاطات البارزة على شكل كابولى يراعى أن تمتد أسياخ تسليحها العلوى لمسافة لا تقل عن بروز البلاطة مقاساً من وجه الكمرة الداخلى .

٦) يراعى وضع مواسير تمرير أسلاك الكهرباء قبل صب الخرسانة ولا يسمح بالتكسير فى الخرسانة بعد إتمام الصب .

٧) فى الكمرات المستمرة يراعى أن تمتد أسياخ تسليحها المكسحة إلى ربع البحر المجاور من الجهتين أما فى الكمرات المستمرة والتى ليس لها أسياخ مكسحة يراعى أن تستمر أسياخ تسليحها إلى ربع البحر المجاور من الجهتين .

٨) الكمرات البارزة على شكل كابولى يراعى أن يمتد تسليحها العلوى لمسافة لا تقل عن بروز الكابولى مقاسة من الوجه الداخلى لنقطة الارتكاز (العامود) ما لم يذكر خلاف ذلك على الرسومات .

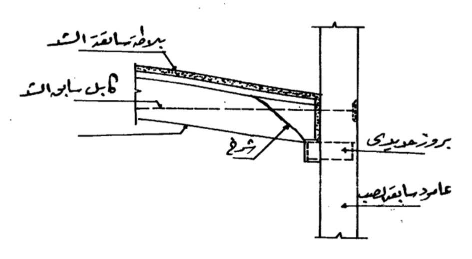
٩) يراعى ألا يقل طول وصلات أسياخ التسليح فى منطقة (الشد) عن ٦٠ مرة قطر السيخ ولا تقل بأى حال عن ٦٠ سم مهما كان قطر السيخ وفى منطقة الضغط لا يقل طول الوصلة عن ٤٠ مرة قطر السيخ ولا يقل عن ٤٠ سم .

● شروخ بسبب إعاقة الحركة :

قد تتعرض الخرسانة بطبيعتها من المواد التى يتغير حجمها لعدد من العوامل مثل الزحف وفروق درجات الحرارة

والانكماش الناتج عن الجفاف ، وهذه قد تفوق أحياناً الإجهادات بسبب الأحمال ويغفل كثير من المهندسين عن وضع الفواصل فى الأعضاء الإنشائية التى تيسر حركتها ضد التقلصات المختلفة فعلى سبيل المثال لا بد من وجود فواصل رأسية فى الحوائط بحيث تكون المسافة بين الفواصل والآخر حوالى ضعف ارتفاع الحائط كما فى الرسم التالى .

وتمثل إعاقة الحركة خطورة أكبر من حالة الوحدات مسبقة الصب ومسبقة الشد وخاصة عندما تكون الوحدة مثبتة باللحامات من كلا طرفيها وكذلك القيد على الحركة للنهايات الدورانية .



شكل يبين القيد على الحركة للنهايات الدورانية

ويجب عمل فواصل للصب وفواصل الانكماش ، وفواصل للتمدد .

أ) **فواصل الصب** : يراعى عند عمل فواصل الصب الشروط والاحتياطات التالية :

١) أن تكون الفواصل فى الكمرات والبلاطات عند مواقع القيم الدنيا لقوى القص ما أمكن أو عند نقط انقلاب العزوم المجاورة للركائز .

٢) يجب أن يكون الفاصل متعامداً مع القوى الداخلية المؤثرة .

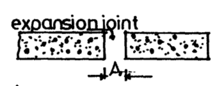
٣) تعمل الفواصل بين الكمرات العميقة أو المقلوبة والبلاطات المتصلة بها عند مواقع هذا الاتصال مع مراعاة صب مشاطف البلاطات إن وجدت مع البلاطات .

٤) يفضل أن يحدد المهندس المنفذ فواصل الصب مسبقاً على اللوحات التنفيذية مع مراعاة إيضاح حديد التسليح اللازم لنقل قوى القص والشد الرئيسية عند الفواصل وذلك لإمكان عرضها على المهندس المصمم إذا لزم الأمر .

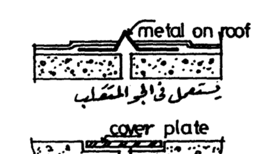
٥) عند استئناف صب الفواصل الأفقية (بعد أكثر من يوم) ينحت سطح الخرسانة جيداً لإظهار الركام الكبير ثم ينظف السطح حتى تزال البقايا والمواد السائبة ثم يغسل بالماء حتى التشبع وترش طبقة من الأسمنت اللبانى أو دهانات زيادة التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة .

ب) **فواصل الانكماش** : فى حالات المسطحات الواسعة التى تتطلب عمل فواصل انكماش بها لتفادى حدوث تشققات مثل أرضيات المصانع والجراجات وغيرها تقسم تلك المسطحات إلى مجموعة من الأجزاء لا يتجاوز أكبر بعد فيها ٢٥ متراً ثم تصب أولاً الأجزاء الفردية أو الزوجية وبعد مضى أسبوع على الأقل يستكمل تبادلياً صب باقى الأجزاء مع عمل فواصل بين المساحات الفردية والزوجية بعرض ٢ سم على الأقل يملأ بعد الصب بالبيتومين أو أى مادة مماثلة والرسومات التالية تبين بعض أنواع الفواصل للطرق وللدراوى والأسقف والحوائط .

أنــواع الفواصــل

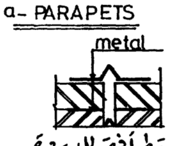


A بالبوصة = ١٠٠ × درجة الحرارة للصيف أو الشتاء فى معامل تمدد المادة

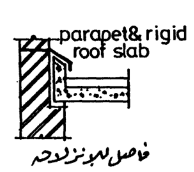


يستعمل فى الطريق للمرور

a- PARAPETS

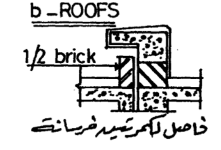


مسقط أفقى للدروة



فاصل للإنزلاق

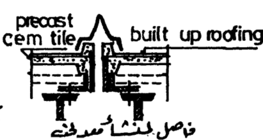
b - ROOFS



فاصل لكمر تسقيف خرسانة

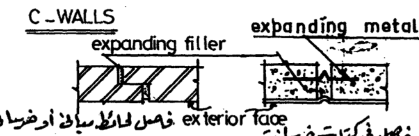


فاصل لبلاطة من الخرسانة



فاصل لمنشأ معدنى

C - WALLS



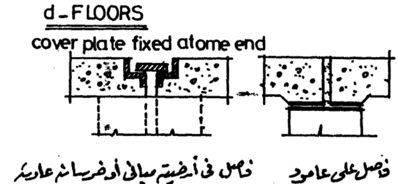
فاصل لحائط مبانى أو خرسانى

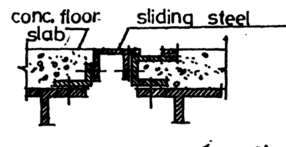
فاصل فى كتلة خرسانية



فاصل معدنى

d - FLOORS





فاصل فى أرضية مبانى أو خرسانة عادية

فاصل على عامود

فاصل للهياكل المعدنية والبلاطات

ويجوز صب كامل المسطحات والأرضيات الكبيرة دفعة واحدة بشرط اتباع نفس الخطوات السابقة وعمل فواصل مرنة بين الأجزاء تسمح بحرية حركة الخرسانة فى هذه الأجزاء .

ج) **فواصل التمدد** : تكون المسافة القصوى بين فواصل التمدد للمنشآت العادية كما يلى :

- من ٤٠ إلى ٤٥ متراً فى المناطق المعتدلة .
- من ٣٠ إلى ٣٥ متراً فى المناطق الحارة .

ويمكن أن يسمح بزيادة هذه المسافات بشرط الأخذ عند التصميم تأثير عوامل التمدد والانكماش والزحف .

وفى حالة الأعمال الكتلية كالحوائط الساندة والأسوار يجب ترتيب الفواصل على مسافات أقل وإذا زادت الأبعاد عن ما سبق ذكره يتم التشريخ للمبانى المكونة من مواد مختلفة وذلك للاسترشاد كما بالرسم التالى .

الأسباب التى تؤدى للشروخ نتيجة عدم فواصل التمدد والانكماش

masonry
30-40m
steelwork
about 80 m
concrete
120 m
concrete roof slab on brick walls
120 m

١٠ – شروخ ناتجة عن أخطاء التنفيذ وسوء الاستعمال :

● **قصور طريقة التنفيذ :**

١) عدم الاهتمام بعمل تصميم معطى للخلطات الخرسانية باستعمال نفس المواد المستعملة فى الموقع .

٢) عدم استعمال المعدات الحديثة فى خلط وصب ودمك الخرسانة .

٣) قلة كفاءة الشدات الخشبية للخرسانة مما يسبب عدم تحملها لأحمال الخرسانة والعمالة أثناء عملية الصب .

٤) سرعة فك الشدات الخرسانية قبل وصول مقاومة الخرسانة للإجهادات المناسبة للأحمال الموجودة .

٥) إهمال اختبارات الجودة للخرسانة مثل تحديد درجة سيولة الخرسانة وتحديد مقاومة الانضغاط للمكعبات القياسية .

٦) عدم الاهتمام بمعالجة الخرسانة بطريقة صحيحة ولمدد كافية .

٧) تسهيل عملية الدمك بإضافة كميات إضافية من الماء أثناء عملية الصب مما يضعف مقاومة الخرسانة .

٨) إهمال معالجة فواصل الصب بالطريقة الصحيحة .

٩) إهمال عمل لوح لتفاصيل حديد التسليح .

١٠) تنفيذ الغطاء الخرسانى بسمك أقل أو أكثر من اللازم .

● **عيوب مكونات الخرسانة :**

١) استعمال ركام غير متدرج أو يحتوى على مواد ناعمة أكثر من النسبة المسموح بها أو أملاح تؤثر على حُديد التسليح .

٢) إهمال غسيل وهز الركام للتخلص من الأملاح والمواد الناعمة .

٣) استعمال أسمنت غير معلوم المصدر أو تاريخ الإنتاج .

٤) استعمال أنواع غير مناسبة من الأسمنت كاستعمال الأسمنت الحديدى فى أعمال الخرسانة المسلحة واستعمال الأسمنت سريع الشك فى الأجواء الحارة .

٥) استعمال مياه غير مناسبة للخلطات الخرسانية مثل مياه البحر والمياه الراكدة .

٦) عدم الاهتمام باختبارات ضبط الجودة للمواد المستعملة فى الخرسانة مثل :

أ) التحليل الكيميائى لمياه الخلط .

ب) اختبار صلاحية الأسمنت .

ج) اختبار التدرج الحبيبى ومحتوى المواد الناعمة للركام .

د) اختبار محتوى الأملاح ومقاومة الانضغاط للركام .

هـ) اختبار الشد والمرونة لحديد التسليح .

١١ – إهمال العزل المائى والحرارى أو استعمال الأنواع التقليدية من العزل ذى الكفاءة المنخفضة .

١) يؤدى إهمال العزل المائى للأسطح النهائية ودورات المياه والأساسات خاصة فى حالة ارتفاع منسوب المياه الجوفية واحتوائها على نسب عالية من الأملاح الضارة إلى تسرب المياه داخل الخرسانة ووصولها إلى حديد التسليح مما يسبب صدأ الحديد وتآكله بالكامل وسقوط الغطاء الخرسانى وفى النهاية

قد يؤدى إلى انهيار العنصر الخرسانى بالكامل .

لذلك يجب الاهتمام بالعزل كأحد المسببات الرئيسية لمعظم العيوب التى تحدث فى المنشآت الخرسانية .

٢) كذلك يؤدى عدم وجود عزل حرارى مناسب للأسطح النهائية إلى زيادة تمدد وانكماش العناصر الخرسانية للأسقف مما يسبب حدوث إجهادات زائدة لهذه العناصر تؤدى فى النهاية إلى حدوث الشروخ والانفصال بين الحوائط والهيكل الخرسانى .

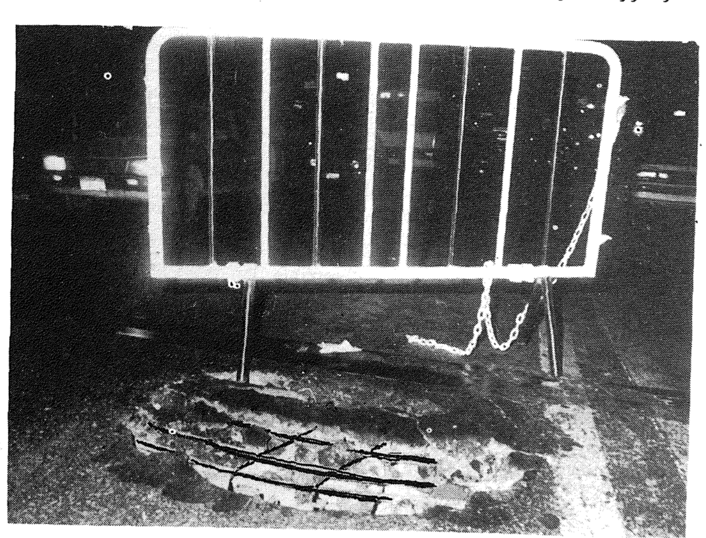
وسيتم الدراسة بالباب السابع خاص للعزل المائى والحرارى وتخفيض المياه الجوفية .

١٢ – تعرض المنشأ لعوامل لم تؤخذ فى الاعتبار عند التصميم :

١) تآكل الخرسانة وصدأ حديد التسليح الناتج عن الغازات الضارة المتوفرة فى الأجواء الصناعية .

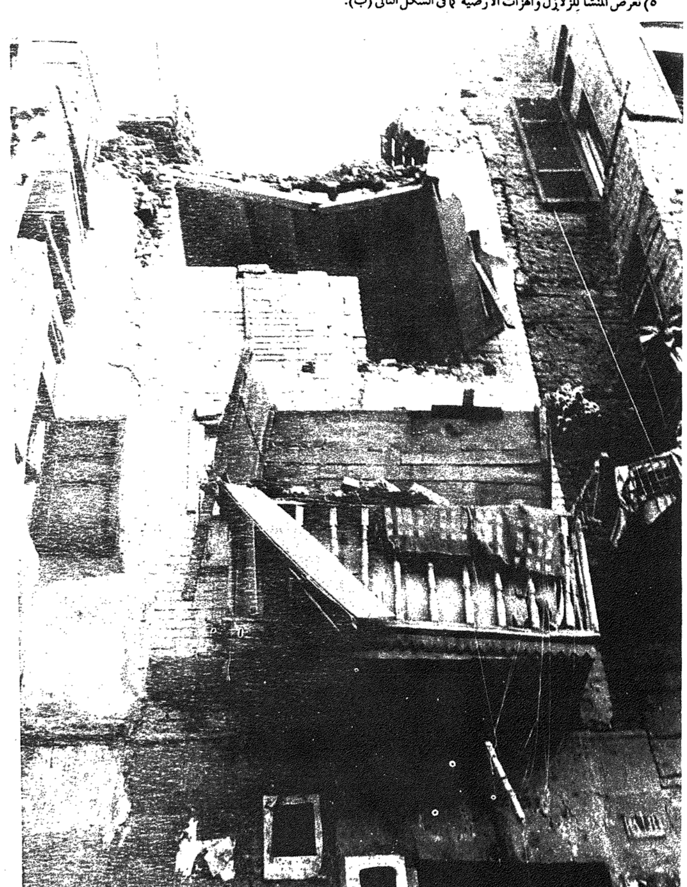
٢) تعرض الأسطح الخرسانية للاحتكاك والبرى والصدم الناتج عن استعمال المعدات الميكانيكية خاصة فى أرضيات المصانع والجراجات .

٣) تآكل الأرضيات الخرسانية بالمواد الكيميائية المستعملة فى مصانع الأسمدة والمواد السكرية المستعملة فى مصانع الأغذية وكذلك هبوط الأرضيات كما فى الشكل التالى (أ) .



شكل (أ) يبين هبوط أرضية من الخرسانة المسلحة وظهور حديد التسليح .

٤) تغير منسوب المياه الجوفية .
٥) تعرض المنشأ للزلازل والهزات الأرضية كما فى الشكل التالى (ب).



شكل (ب) يبين تعرض المبنى للزلزال الحادث فى ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢

٦) التغير فى استعمال المنشأ الخرسانى مما يغير فى الأحمال التصميمية للمنشأ .

٧) زيادة ارتفاع المبانى عن الارتفاع المحدد أثناء التصميم .

٨) استخدام أنواع من الأساسات فى المبانى المجاورة تؤثر على سلامة المبنى .

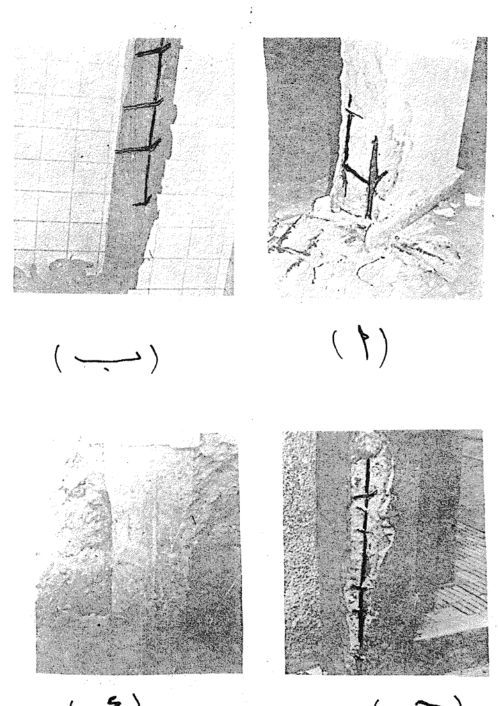
٩) والرسم التالى يبين :

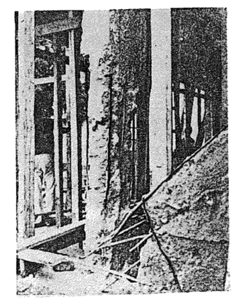
أ) تراكم الصدأ على الجزء الساقط من العامود بسبب مياه الغسيل .

ب) تراكم الصدأ على العامود بسبب تسرب مياه من مواسير الصرف والتغذية .

ج) تراكم الصدأ على العامود بسبب مد وجزر المياه الجوفية بالبدروم وتوقف الصدأ على ارتفاع ٧٠ سم .

د) لم يصب العامود شىء لخلطة الخرسانة الجيدة ومعالجتها بمواد كيماوية تزيد من متانتها .

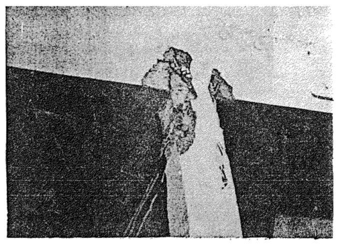




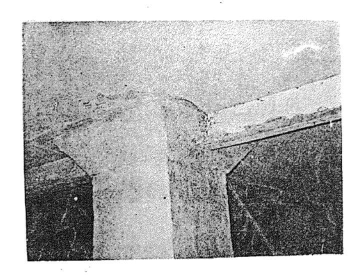
شكل يبين صلب حول العامود وتنظيفه لإعادة ترميمه .



شكل يبين تشققات ظاهرة فى أحد الأعمدة والبدروم أسفله

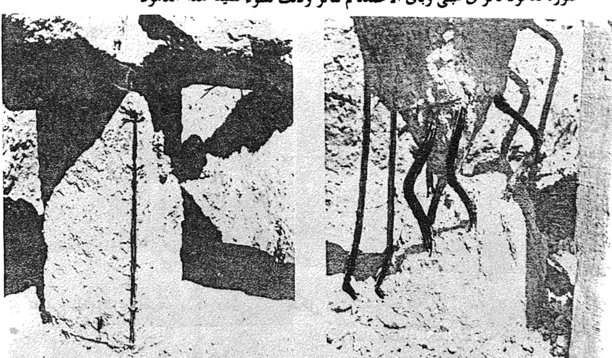


شكل يبين تصدع العامود مما أضعفه بشكل كبير

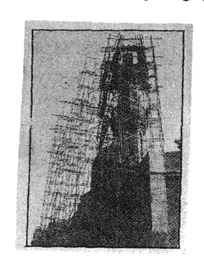


شكل يبين تدعيم هذا العامود بعمل تاج هرمى بحيث يتم الإسناد الكامل لكمرات وبلاطة الأسقف

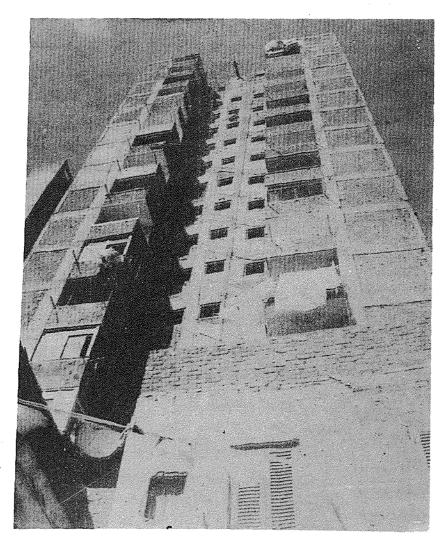
صورة لعامود تأثر فى مبنى وباق الأعمدة لم تتأثر وذلك لسوء تنفيذ هذا العامود



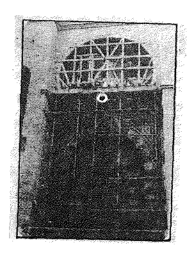
شكل لرقبة عامود متآكلة لوجود مياه كبريتية وعدم أستعمال أسمنت مقاوم للكبريتات وأخرى سليمة فى مبنى واحد للاعتناء بالخلطة الخرسانية



تدعيم مسجد المحمدية بالقلعة
لترميمه بعد الزلزال



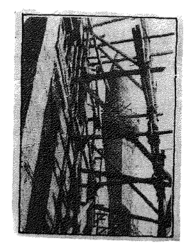
عمارة برج السيوف بالاسكندرية مالت ميلاً شديداً نتيجة
عدم انتظام جهد التربة أسفلها وتسببت فى اخلائها



تدعيم مسجد الكخيا بميدان الأوبرا
لترميمه بعد الزلزال



صورة تبين عمارة مصر الجديدة نتيجة زلزال ١٢ أكتوبر
بسبب خطأ التصميم وسوء التنفيذ .



تدعيم مسجد القصاصين بالأزهر
لترميمه بعد الزلزال

١٣ - شروخ نتيجة لقلة القطاع الخرسانى عن القطاع التصميمى :

فى هذه الحالة يمكن زيادة قطاع الكمرة أو العامود عن طريق عمل قميص من الخرسانة حول القطاع الفعلى الغير قادر على مقاومة الأحمال المعرض لها ويكون ذلك بإضافة حديد التسليح حول قطاع الكمرة ثم صب خرسانة جديدة لزيادة القطاع وربطها بالخرسانة القديمة إما باستخدام خرسانة عادية أو استخدام المواد البولمرية الجديدة أو استخدام مادة لاصقة من المواد البولمرية لربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الحديثة . وحساب القطاع الجديد على أن يقاوم الأحمال المعرض لها الكمرة أو العامود .

١٤ - أسباب مجتمعة تسبب الشروخ وضعف الخرسانة ناتجة عن التنفيذ :

وسنختار عدة أسباب لمعرفة أخطاء التنفيذ وهى كالتالى :

أ) الماء : إضافة الماء :

فى مقدمة الأخطاء الشائعة فى التنفيذ إضافة الماء إلى الخرسانة أثناء عملية النقل والصب ، فعندما يتبخر جزء من ماء الخرسانة ويصعب تشغيلها ، يعمد العمال إلى إضافة الماء إليها لتحسين قابليتها للتشغيل . فالماء الإضافى يضعف من مقاومة الخرسانة ، ويساعد على زيادة الهبوط ، وزيادة الانكماش الناتج عن الجفاف . وإذا ما صاحب زيادة الماء زيادة فى كمية الأسمنت لتعويض النقص فى المقاومة فإن هذا يعنى زيادة فى فروق درجة الحرارة بين الأجزاء السطحية والداخلية للمنشأ ، وهذا يؤدى إلى زيادة فى الإجهادات الحرارية وزيادة فى التشقق .

ولذلك يجب استعمال الجردل المخروطى الناقص المفتوح من القاعدتين وقاعدته السفلى بقطر ٢٠ سم والعليا بقطر ١٠ سم والارتفاع ٢٠ سم وله يد يمكن رفعه بواسطتها ، وتصب الخرسانة ممزوجة بالماء داخله على أربع دفعات وتقلب فى كل دفعة ٢٠ مرة بواسطة سيخ حديد بطول ٦٠ سم وقطره ٥/٨ بوصة بنهاية محدبة وبعد ملئه تماماً يزال الجردل مباشرة برفعه رأسياً إلى أعلى ويقاس هبوط الخرسانة من ارتفاعها الأصلى ، ويجب ألا يزيد عن ٥ سم للقطاعات من الخرسانة المسلحة . وعموماً يجب أن يكون وزن المياه المستعملة فى الخرسانة مساوياً إلى نحو ٠,٤٠ من وزن الأسمنت الداخل فى الخرسانة .

ب) عدم العناية بالدمك الجيد والمناسب :

ومن الأخطاء الشائعة التى لمسناها فى كثير من المشروعات الصغيرة إلى المتوسطة عدم الاهتمام بالدمك والتكثيف الجيد للخرسانة فكثيراً ما يهمل الدمك وأحياناً لا تكون هناك أجهزة احتياطية للدمك وتخضع عملية الدمك للمواصفات التالية :

— **دمك الخرسانة** : تشمل عملية الدمك الغز والهز ولتنساب الخلطة الخرسانية حول حديد التسليح وتملأ القالب للمنسوب المطلوب . ويجوز الدمك يدوياً إذا لم ينص على استعمال الوسائل الميكانيكية مثل الهزازات الغاطسة (الداخلية) أو هزازات القالب (الخارجية) أو هزازات السطح وعلى العموم فإنه يفضل استخدام الهزازات الميكانيكية ويلزم لمن يقوم بعملية الدمك شخص متخصص مدرب بحيث يتوقف عن الدمك بعد الانتهاء من ظهور فقاقيع الهواء . ويجب عدم لمس الهزاز الداخلى لحديد التسليح أثناء الدمك ويراعى ألا يتسبب الصب والدمك بأى حال من الأحوال فى قلقلة الخرسانة السابق صبها أو زحزحة أسياخ التسليح أو إحداث تغيير فى مقاسات القوالب .

كما أنه لوحظ أن الهزاز المستخدم لا يكون مقاسه وذبذبته مناسبين لنوع الخلطة وقوامها ، ولا تستخدم عادة التقنية الحديثة باستعمال الهز المزدوج الخارجى والداخلى فى حالة التسليح المكثف والأعضاء النحيفة أو إعادة الدمك لإزالة التشققات المبكرة وتقوية مقاومة السطح وكثيراً ما نلاحظ فواصل فى الأعضاء الخرسانية بسبب عدم دخول الهزاز إلى الطبقة السابق دمكها فيظهر فاصل عند كل طبقة من الطبقات وتؤدى كل هذه العوامل مجتمعة إلى نقص الخرسانة بمقدار قد يصل ٥٠ ٪ .

ج) عدم الاهتمام بالمعالجة :

يزيد إهمال المعالجة من إمكانية حدوث التشققات فى المنشآت ، ووقف المعالجة مبكراً يؤدى إلى حدوث انكماش كبير فى وقت تكون فيه الخرسانة ضعيفة المقاومة كما أن عدم الاهتمام بالمعالجة الجيدة يساعد على توقف التفاعل ويبقى جزء من الأسمنت دون إماهة وهذا يؤدى إلى عدم وصول الخرسانة إلى مقاومتها المطلوبة حتى بعد مرور زمن طويل .

ويجب معالجة الخرسانة ووقايتها على الأسس الآتية :

١) تلزم معالجة الخرسانة فى درجة حرارة لا تقل عن عشرة درجات مئوية على أن تكون فى حالة رطبة تماماً للفترات الزمنية التالية .

أ) ٧ - ١٥ يوم فى حالة استخدام أسمنت بورتلاندى عادى .

ب) ٥ - ١٠ يوم فى حالة استخدام أسمنت سريع التصلد أو فى حالة استخدام إضافات معالجة .

وفى حالة عدم اتباع المعالجة الرطبة يسمح باستخدام

مركبات معالجة معتمدة ترش ميكانيكياً بصورة متصلة لضمان تغطية سطح الخرسانة بصورة كاملة لحمايتها من فقد ماء الخلط .

كما يمكن استخدام المعالجة بالبخار أو غيره .

٢) يجب وقاية الخرسانة حديثة الصب من المطر والجفاف السريع وخصوصاً فى حالة الجو الحار أو الجاف أو العاصف وذلك بتغطيتها بأغطية مناسبة من وقت انتهاء صب الخرسانة إلى الوقت الذى يصبح فيه السطح صلداً بدرجة كافية بحيث يمكن معالجته بطرق المعالجة المختلفة .

٣) يجب ألا تتعرض الخرسانة المسلحة أثناء معالجتها لماء يحوى أملاحاً ضارة .

٤) يجب ألا تتعرض الخرسانة لأية أحمال مثل ضغط الماء الجوفى أو ردم ترابى لاسيما المشبع بالماء إلا بعد أن تصل مقاومة الخرسانة إلى مقاومتها المقررة .

١٥ - استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات :

العوامل التى تؤثر على قوة الخرسانة: يحظر استعمال مواد غير مطابقة للمواصفات مثل استعمال الركام وماء الخلطة الذين يحتويان على نسبة عالية من الكبريتات والكلوريدات ومن أسباب التصدع الشائع هو احتواء الماء والمواد على نسب عالية من الأملاح والكبريتات .

وتتوقف قوة الخرسانة ومقاومتها للأحمال والعوارض الجوية المعرضة لها على ما يأتى :

١) أن يكون كسر الحجر أو الزلط والرمل الداخل فيها صلباً نظيفاً خالياً من الأتربة والمواد العضوية والأملاح وغيرها مما يؤثر فى متانة الأسمنت أو يكون حائلاً بين تماسك الأسمنت والأسطح الخارجية للركام . كما يجب أن تكون الركام المستعملة فى الخرسانة جافة تماماً .

وفى حالة استعمال كسر حجر أو طوب أو أى ركام أخرى مسامية فيجب أن تكون منداة بالمياه وليست مبللة حتى لا تتشرب أسطحها المياه المستعملة فى مزج الخرسانة .

٢) أن يكون كسر الحجر أو الزلط وحبيبات الرمل متدرجة الأحجام وبحيث يملأ الأسمنت فراغات بين الرمل ويملأ الأسمنت والرمل فراغات كسر الحجر أو الزلط . وذلك لجعل الفراغات بين جزئيات هذه المواد أقل ما يمكن . وأيضاً لإمكان الحصول على خرسانات كثيفة غير قابلة لانفصال جزئياتها segregation وفى الخرسانات ذات الأهمية يجب على المهندس الإنشائى أن يبين أفضل منحنى ممكن لتدرج الركام والمواد المكونة للخرسانة .

٣) أن يكون الأسمنت المستعمل من الوارد حديثاً من المصنع. وفى حالة تخزينه يراعى حمايته بطريقة فعالة من المطر وضد رطوبة الهواء والأرض وأن لا يستخدم أى أسمنت بدأت تتكون فيه حبيبات أو كتل متصلبة . ويمكن استعمال مثل هذا الأسمنت فى أعمال الخرسانات العادية أو المبانى بعد نخله وإزالة ما به من كتل دون تفتيتها .

ولأهمية ما يجب مراعاته عند تخزين الأسمنت البورتلاندى بموقع العمل خصوصاً لأعمال الخرسانات المسلحة يجب أن نذكر أن الرطوبة الموجودة فى الجو تؤثر على قوة الأسمنت الذى يصير تخزينه فى الموقع شكاير من الورق وذلك رغم ما يؤخذ من احتياطات فى تخزينه تحت مظلات أو غطاءات من الأقمشة العازلة للرطوبة وقد وجد بالتجربة أن الأسمنت الذى يصير تخزينه فى الموقع بالحالة الموضحة عاليه تتناقص قوته بمقدار حوالى ١٥ ٪ بعد ثلاثة شهور من تخزينه ، ٢٠ ٪ بعد ستة شهور من تخزينه وقد تصل هذه النسبة إلى ٥٠ ٪ أو أكثر بعد سنة من تخزينه حسب حالة الجو وتشبعه بالرطوبة . هذا مع العلم بأن الأسمنت سريع التصلب يتأثر بالتخزين أكثر من الأسمنت البورتلاندى .

ويجب عند تخزين الأسمنت أن توضع الشكاير فى صفوف مستقيمة ومتلاصقة وبارتفاع لا يزيد عن عشرة شكاير فوق بعضها وأن يراعى استعمال الأسمنت أولاً بأول حسب وروده للموقع .

٤) أن تكون كمية الأسمنت الداخلة فى الخرسانة كافية لتغليف أوجه كسر الحجر أو الزلط وحبيبات الرمل تغليفاً كاملاً وليس فائضاً وذلك لتمام تماسك جزئيات الخرسانة فى حالة الأولى ولعدم تعرضها لتمدد وانكماش زائد عن اللازم مما يعرض جزئياتها للتشقق فى حالة وجود فائض من الأسمنت .

٥) أن تكون المياه اللازمة لخلط الخرسانة أقل ما يمكن للحصول على خرسانة متماثلة اللون وجميع حصاها مغطى بالمونة وسهلة الصب فى مواضعها . حيث أن قلة المياه المستعملة فى خلط الخرسانة تجعلها ذات مسام وجزئياتها غير مندمجة فى بعضها تماماً مما يضعف قوتها . كما أن كثرة المياه المستعملة فى خلط الخرسانة عن اللازم يقلل من قوتها ، ويزيد فى المدة اللازمة للشك الابتدائى لها كما يزيد فى معامل انكماشها وتكون النتيجة حدوث تشققات فيها .

وقد دلت التجارب المعملية على أن الخرسانة تعطى أكثر مقاومة للضغوط المعرضة لها إذا كان وزن المياه الداخلة فى خلطها يساوى ٣٠ ٪ من وزن كمية الأسمنت المستعملة فى تكوين الخرسانة . إلا أن اتباع هذه النسبة من المياه فى مزج الخرسانة عملياً يجعل الخرسانة صعبة التشغيل Workability والتشكيل . كما تحتاج لعناية كبيرة فى عملية دمكها فى مواضعها

مما لا يمكن عمله فى كثير من الأحيان . وتكون النتيجة عدم اندماج جزئيات الخرسانة واحتوائها على فراغات (تعشيش) تضعف من قوتها .

وللحصول على معرفة أقل كمية من المياه اللازمة لمزج الخرسانة لتكون متماثلة للون وجميع حصاها مغطى بالمونة وسهلة التشغيل ، يمكن استعمال الجردل الزنك المخروطى الناقص المفتوح من القاعدتين وقطر قاعدته العليا ١٠ سم وقطر القاعدة السفلى ٢٠ سم وارتفاعه ٣٠ سم وله يدان جانبيتان يمكن رفعه بواسطتها رأسياً . وتصب الخرسانة الممزوجة بالماء داخل هذا الجردل وهو فى وضع أفقى تماماً على أربعة دفعات ويصير غزغزة الخرسانة فى كل دفعة عشرين مرة بسيخ حديد قطر ١٦ مم وطول ٦٠ سم وبنهاية محدبة وبعد ملئه تماماً يرفع الجردل رأسياً إلى أعلا ويقاس مقدار هبوط الخرسانة عن ارتفاعها الأصلى . وقد وجد بالتجربة ما يأتى :

إذا كان الهبوط من ١ : ٢,٥سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة منخفضة جداً وتصلح هذه الخرسانة للطرق مع استعمال الهزازات الميكانيكية الآلية .

وإذا كان الهبوط من ٢,٥ : ٥سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة منخفضة وتصلح للطرق باستعمال هزاز ميكانيكى يدوى أو للخرسانة المستعملة فى الأساسات بتسليح بسيط .

وإذا كان الهبوط من ٥ : ١٠ سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة متوسطة وتصلح للأسقف المسلحة والخرسانة العادية التى تغزغز وتدك باليد وكذلك تصلح للخرسانة المسلحة الكثيفة التسليح والتى يستعمل فيها هزازات ميكانيكية .

وإذا كان الهبوط من ١٠: ١٧سم تعتبر درجة التشغيل للخرسانة عالية وتصلح للخرسانة الكثيفة التسليح بدون استعمال هزاز .

وليكن معلوماً أن هبوط الخرسانة فى التجربة السابقة يتأثر أيضاً بكيفية تدرج الركام المستعملة فى الخرسانة وحدة زواياها ونعومة الأسمنت المستعمل فيها .

٥) ومن المفيد هنا أن نذكر أن تدرج الزلط والرمل حسب التكوين الموضح بالجداول الآتية يعطى نتائج حسنة لزيادة تحمل الخرسانة المسلحة .

أ) تدرج الركام فى الخرسانة المسلحة ذات القطاعات الكبيرة والتى يصل فيها مقاس الزلط إلى ٢" :

أحجام	يمر من مهزة سعة عيونها	٢"	١,٥"	١"	,٥"	١/٨"
الركام	ولا يمر من مهزة سعة عيونها	١,٥"	١"	,٥"	١/٨"	
النسبة المئوية من الحجم		٪١٥	٪٢٠	٪٢٠	٪١٢	٪٣٣

ب) تدرج الركام فى الخرسانة المسلحة ذات القطاعات الصغيرة والتى يصل مقاس الزلط فيها إلى ١" :

أحجام	يمر من مهزة سعة عيونها	١"	٣/٤"	١/٢"	١/٤"	١/٨"
الركام	ولا يمر من مهزة سعة عيونها	٣/٤"	١/٢"	١/٤"	١/٨"	
النسبة المئوية من الحجم		٪١٥	٪٢٠	٪٢٠	٪١٢	٪٣٣

٦) وللحصول على خرسانة متجانسة يستحسن كثيراً استعمال الخلاطات الميكانيكية لتقليب الخرسانة كلما أمكن . وفى حالة عدم وجود مثل هذه الخلاطات يجب تقليب الخرسانة ثلاث مرات على الأقل بالطريقة الآتية :

أ) يقلب الأسمنت فقط (حسب النسبة المحددة فى المواصفات) على الناشف على طبلية جافة على حدة .

ب) تفرد المونة فى أعلا كمية من كسر الحجر أو الزلط (حسب النسبة المحددة فى المواصفات) ثم يقلب هذا الركام والمونة على الناشف بالكريك وذلك لتكوين خليط متجانس من المواد المكونة للخرسانة .

ج) ثم تبدأ التقليبة الثانية للخرسانة مع رش الماء رزازاً أثناء التقليب حتى يأخذ كل كريك ملآن بالخرسانة مياهه المناسبة . ويجب أن لا يصب الماء صباً من صفيحة أو جردل حيث إن فى ذلك ضياعاً لمياه كثيرة وخطراً لضياع الأسمنت من الخرسانة بغسله منها .

د) وتقلب الخرسانة للمرة الثالثة ويوضع عليها ما قد تحتاجه من المياه رشاً حتى تكون بالمزيج المناسب للعمل . وعندئذ تنقل إلى أماكنها ثم تصب وتغزغز جيداً فى مواضعها دون أن تتعرض لانفصال جزئياتها وعلى أن تتم جميع هذه المراحل قبل حلول ميعاد الشك الابتدائى للأسمنت الداخل فى تكوين الخرسانة .

ولأهمية تأثير كمية المياه التى تمزج بمكونات الخرسانة الداخل فيها الأسمنت من ناحية مدة شكها وقوة تصلبها ومعامل انكماشها فإنه يجب مراعاة أن تكون نسبة المياه المستعملة فى مزج كل خلطة من كميات الخرسانة التى تخلط باليد واحدة حتى تكون الخرسانة الناتجة متجانسة وذات قوة واحدة .

وهناك تجربة أخرى بدل تجربة المخروط الناقص تسمى تجربة معامل الدمك .

وتستعمل هذه التجربة جهازاً ضاغطاً وبه مؤشر يبين درجات تشغيل الخرسانة .

فإذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٠,٨٧ كانت درجة تشغيل الخرسانة منخفضة جداً .

وإذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٠,٨٥ كانت درجة تشغيل الخرسانة منخفضة .

وإذا أشار مؤشر الجهاز إلى رقم ٠,٩٢ كانت درجة تشغيل الخرسانة متوسطة .

وإذا أشار مؤشر الجهاز إلى ٠,٩٥ كانت درجة تشغيل الخرسانة عالية .

وتستعمل الخرسانات ذات درجات التشغيل المختلفة التى يوضحها جهاز معامل الدمك فى مثل الأغراض التى توضحها تجربة المخروط الناقص .

ومن الوجهة المعملية وجد أن كميات المياه التى تستعمل فى مزج الخرسانة تتراوح نسبتها بين ٤٠، ٥٥ ٪ من وزن الأسمنت الداخل فى تكوين الخرسانة حسب الأغراض المستعملة فيها حتى لا تؤثر كثرة المياه أو قلتها على صلابة الخرسانة المستعملة . وإذا وجد أن الخرسانة تحتاج إلى مياه أكثر للحصول على درجة التشغيل المطلوبة . فيمكن زيادة كميات الأسمنت الداخلة فى تكوين الخرسانة مع إضافة المياه المناسبة لذلك فى الحدود الموضحة عاليه .

وليكن معلوماً أن مواد الخرسانة المستعملة فيها كميات المياه بالنسبة الموضحة عاليه يجب أن تكون جافة غير مبللة عند مزجها . وإذا كانت هذه المواد رطبة فيعمل حساب هذه الرطوبة وتقلل فى مقابلها كمية المياه اللازمة للمزج .

كما يراعى أن تقلل نسبة كمية المياه إلى كمية الأسمنت المستعمل فى مزج الخرسانة عندما تستعمل الهزازات الميكانيكية فى دمك الخرسانة عند صبها فى مواضعها عنها فى حالة عدم استعمالها والاكتفاء بالدمك باليد .

١٦ - أهم العوامل التى تؤثر على قوة الخرسانة ما يلى :

أ) **المسامية** : وهى النسبة الكلية للفراغات التى يمكن أن تشغلها الغازات أو السوائل فى الخلطة الخرسانية . وهى تتناسب طردياً مع نسبة الماء / الأسمنت .

ب) **النفاذية** : وهى قدرة المادة المسامية على إمرار السوائل خلال شبكة مسامها . وتعد هذه الخاصية أهم الخواص الطبيعية للخرسانة من حيث التأثير على تآكل حديد التسليح وتعتمد نفاذية الخرسانة على عدة عوامل أهمها نسبة الماء / الأسمنت فى الخلطة حجم الركام المستخدم وتدرجه . المحتوى من الأسمنت . طريقة الدمج والمعالجة .

ج) **سمك الغطاء الخرسانى** : أوصت بعض الدراسات بألا يقل سمك الغطاء الخرسانى لحديد التسليح عن ٥ سم وسمك الغطاء الخرسانى هو أحد العوامل المؤثرة على تدهور خواص الخرسانة والذى يقترن بالنفاذية حيث إن غطاء ذا سمك ٥ سم من خرسانة عالية النفاذية قد تقل وقايته لحديد التسليح عن تلك التى يكفلها غطاء ذو سمك ٥ سم من خرسانة ضعيفة النفاذية . ويوضح الشكل التالى أثر ضعف الغطاء الخرسانى بالعامود على تصدع الخرسانة وبالتالى تعرض حديد التسليح للجو المحيط وزيادة تآكله .



تأكسد حديد التسليح فى أحد الأعمدة بعد إزالة الغطاء الخرسانى

د) **نوع الأسمنت المستخدم** : على الرغم من وجود العديد من أنواع الأسمنت بتركيبات متباينة تستخدم حالياً . فإن عدداً محدوداً من العلاقات بين تركيب هذه الأنواع وتآكل حديد التسليح فيها وبالتالى تصدع الخرسانة المحيطة قد أمكن تأكيدها . حيث أكدت الدراسات أن كافة أنواع الأسمنت البورتلاندى تنتج القلوية الكافية للحفاظ على المناعة الطبيعية لحديد التسليح إذ يلى عملية هدرجتها أن يصل الرقم الهيدروجينى لوسط الخرسانة إلى ما بين ١٢ - ١٤ . كما أوضحت دراسات أخرى أن درجة نعومة الأسمنت المستخدم ذات تأثير كبير على وقاية حديد التسليح من التآكل كما اتضح أيضاً أن استخدام الأسمنت الحديدى والذى يحوى ما لا يقل عن ١ ٪ من الكبريتيدات ينشط عملية تآكل حديد التسليح وربما يؤدى إلى إحداث شروخ بحديد التسليح إذا ما كانت الخرسانة المسلحة فى المنشأ تقع تحت تأثير ضغوط أو إجهادات .

هـ) **الوسط المحيط بالخرسانة** :

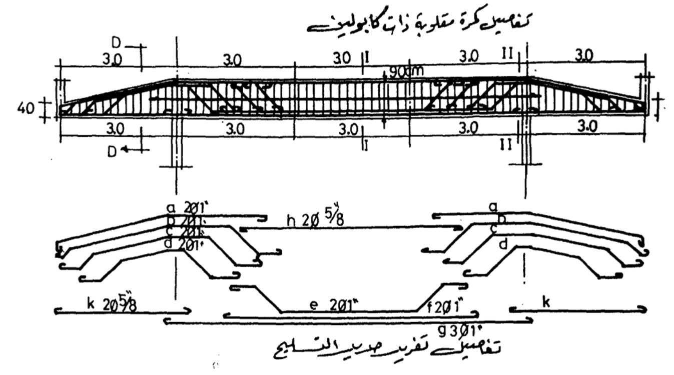
من أهم خصائص الوسط المحيط بالخرسانة والتى تجعله مؤثراً فى عملية تدهور خواص الخرسانة طبيعة الوسط ، تركيبه الكيميائى واحتواؤه على مواد مؤثرة على الخواص الطبيعية أو الكيميائية للخرسانة أو منشطة لتآكل حديد التسليح . ومن أمثلة ذلك تعرض المنشآت الخرسانية المسلحة لمياه البحر أو الرزاز المحمل بالأملاح أو الرطوبة العالية فى المناطق الساحلية وأثر ذلك على تفتت الخرسانة ، والإسراع بتآكل حديد التسليح فى المناطق الساحلية بمصر وجد أنه يتراوح ما بين ٠,٠٦ - ٠,١ مم وهى قيم تتفق مع نتائج دراسات أجريت فى دول أخرى من العالم وهذا المعدل يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة فى المناطق الساحلية ، ويجدر الإشارة إلى أنه من أهم الأوساط المحيطة بالخرسانة والتى تؤثر بشكل كبير فى خواصها المياه الجوفية وحركتها وتركيبها الكيميائى ، التربة الملحية والأجواء الصناعية .

١٧ - أخطاء التسليح :

يعتبر التسليح أحد الركائز الأساسية فى عدم ظهور التشققات فهو الذى يتحمل إجهادات الشد وكثيراً من قوى القص ، ويساعد على التقليل من احتمال الانبعاج وكذلك تؤدى أخطاء التسليح إلى تشققات مهمة وقد تكون خطيرة أيضاً وخاصة عندما تقترن مع أخطاء فى تنفيذ الخرسانة تضعف الترابط بينهما ويجب أن يكون التسليح يخضع للمواصفات الآتية :

يراعى فى حديد التسليح أن تكون الأسياخ قبل وضعها فى أماكنها نظيفة من الشحم أو البوية أو قشور الصدأ أو أى شوائب أخرى . ويجب أن يقلل من وصلات الأسياخ بقدر الإمكان وعند وجود أى وصلات فيها يجب أن تكون خلف وخلاف أى أن توزع الوصلات ولا توضع فى منطقة واحدة ، ويجب أن لا يقل ركوب الوصلة فى الأسياخ عن ٤٠ مرة قطر السيخ فى منطقة الشد ولا عن ٢٠ مرة قطر السيخ فى منطقة الضغط وأن يزود السيخ بجنش فى كل من نهايته . ويجب أن يراعى أن تكون أسياخ التسليح فى أعمال الخرسانة المسلحة مغطاة بقشرة خارجية من الخرسانة بسمك لا يقل عن ١,٠ سم للبلاطات الداخلية ، و ١,٥ سم للكمرات والأعمدة الداخلية . وأما البلاطات والكمرات والأعمدة الخارجية فيجب أن لا يقل سمك القشرة الخرسانية الخارجية عن ٢ سم . ويجب أن لا يقل سمك القشرة الخرسانية للأساسات والخزانات عن ٣ سم . فى الأعمال البحرية والخرسانات المعرضة لتأثير عوامل كيمياوية يجب أن لا تقل سمك القشرة الخرسانية الخارجية التى تغطى أسياخ حديد التسليح عن ٤ سم إلى ٥ سم . ويجب أن لا تقل المسافة الخالصة بين أسياخ حديد التسليح فى أى اتجاه فى الكمرات عن ٢,٥ سم أو قطر سيخ حديد التسليح أو ١/٤ مرة قطر أكبر حجم الزلط المستعمل أيهما أكبر .

كما يجب وضع أسياخ حديد التسليح فى مواضعها تماماً طبقاً للمقاسات والأشكال الموضحة بالرسومات والبيانات الخاصة بها والرسم التالى يبين طريقة لفرد الحديد ويجب وضعه فى التنفيذ كما هو مبين بالرسومات .



١٨ - شروخ نتيجة تربة التحمل وهبوطها :

هذا ومن المعروف أن هناك أكثر من نوع للتربة التى يتم تأسيس المبنى عليها .

فهناك التربة الصخرية بأنواعها المختلفة مثل الجرانيت والبازلت والحجر الجيرى والرملى وخلافه ... وتربة غير متماسكة مثل التربة الرملية والزلطية وتربة متماسكة مثل التربة الطينية أو الطمية .

أ) بالنسبة للتربة الصخرية : فهى أحسن أنواع التربة من جهة الإجهادات وقوة تحملها وعدم هبوطها .. ولا يخشى من التأسيس على هذا النوع من التربة إلا فى حالة وجود فوالق أو تكون طبقات رقيقة وغير سميكة أو طبقات بها شروخ ينتج عنها قشور سطحية وعادة لا تظهر شروخ فى المبانى التى يتم تأسيسها على هذه الأنواع من الصخور نتيجة التربة إلا إذا حدث فى طبقات التربة نتيجة مؤثرات خارجية كالزلازل مثلاً .

ب) بالنسبة للتربة الزلطية والتربة الرملية ... فمعدل هبوط التربة تحت تأثير حمل يكون صغيراً نسبياً ويحدث خلال السنة الأولى لإنشاء المبنى وذلك نتيجة كبر جزئيات التربة ويكون بدرجة غير محسوسة ولا تمثل خطورة على المبنى إلا إذا كانت الإجهادات المتولدة من المبنى أكبر من الإجهادات التى تتحملها التربة الرملية أو الزلطية تحت الأساسات مما ينتج عنه انهيار التربة أسفل المبنى سواء بالقص أو بالانضغاط أو بالانزلاق مما ينتج عنه ظهور شروخ رأسية (طولية) وشروخ مائلة بالمبنى تستمر فى الزيادة طولياً وفى اتساعها وتؤدى إلى انهيار المبنى .

ج) بالنسبة للتربة الطينية ... تختلف قوة تحمل هذه التربة بالنسبة لاختلاف مكوناتها ونسبة الرطوبة بها ومن المعروف أن جزئيات الطين صغيرة جداً (قطرها أقل من ٢..، مم) وتتأثر قوة التربة الطينية وتماسك جزئياتها إلى حد كبير على ما تحتويه من رطوبة ونسبة مياه . وفى حالة فقدان كمية كبيرة من الرطوبة فإن التربة تنكمش وينتج عن ذلك تشققات بها وعندما يحدث ذلك أسفل أساس المبنى فإنه يحدث هبوط .. ومعدل هبوط الأرض الطينية أسفل أساسات المبنى يكون بطيئاً ويستغرق وقتاً طويلاً وليس هبوط كل مبنى مؤسس على أرض طينية يكون نتيجة للحمل الواقع من المبنى على التربة لكن يظهر فى بعض الأحيان هبوط نتيجة امتصاص المياه من التربة الطينية بواسطة أشجار أو مزروعات موجودة بجوار المبنى كما بالشكل التالى :

ويحدث فى بعض الأحيان فى المبانى المؤسسة على تربة طينية هبوط غير متساوى . فيكون فى بعض الأجزاء أكبر من الأخرى ... وينتج عن ذلك شروخ مائلة تظهر عادة بالقرب من النواصى والأركان وكذا بالقرب من الفتحات كالشبابيك والأبواب كما تظهر هذه الشروخ فى مبانى الحوائط متخذة اتجاه العراميس على اعتبار أنها أضعف الأجزاء بالنسبة للمبنى .

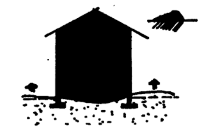
ويجدر بنا أن نذكر هنا أنه عندما يكون المبنى على تربة طينية مشبعة بالماء فإن التحميل يكون على الماء الموجود بالمسام ثم يبدأ الماء فى الخروج من بين المسام فيتم انتقال الحمل على جزئيات الطين وهنا يقل معدل خروج الماء من بين المسام ويتم الوصول إلى درجة الانضغاط النهائى عندما يتم حمل المبنى بالكامل بواسطة

جزئيات التربة ونستنتج من هذا أن درجة الانضغاط = الهبوط بعد فترة من الوقت / الهبوط النهائى

وفيما يلى بعض الآثار التى ترتبط بالماء ومدى زيادته أو انخفاضه فى التربة كما يلى :

١) فى التربة الغنية بالجبس والحجر الجيرى يحدث انهيار فى تركيبها (بنيتها الإنشائية) callapse of soil structurel .

٢) تميل كثير من أنواع التربة الغنية بالمواد الطينية إلى الانتفاخ heavy of swelling soil عندما تحتوى التربة على خليط من الجبس والحجر الجيرى إضافة إلى المواد الطينية فإنها تنتفخ أولاً ، ثم يتبع هذا الانتفاخ انهيار ، وتتميز الشقوق الناتجة عن مثل هذه التربة أنها تحدث فى اتجاهين متعاكسين فإذا تكونت التشققات الناتجة عن انتفاخ التربة فى اتجاه ٤٥ درجة (مع الأفقى) قد يتبعها تكون تشققات هبوط عمودية عليها .



سبب الشروخ انتفاخ التربة تحت المبنى بسبب فصل ماطر أو صرف صحى

٣) فى وجود المياه المحتوية على بعض الأملاح والمواد الكيميائية قد يتأثر بعض أنواع الصخر أو التربة المتينة فتصبح رخوة softening of soil نتيجة للتفاعلات التى تحدث بينها وبين الماء .

٤) فى المناطق القريبة من البحر يكثر تواجد كتل من الأملاح minerals تحت الأرض تذوب فى وجود الماء وتؤدى إلى هبوط التربة وانهيارها .

٥) تسحب المياه المتسربة تحت الأساسات المواد الناعمة (التراب) معها ويحدث مع الزمن تآكل داخلى internal crosion فى بعض أنواع التربة وخاصة تلك التى تحتوى على تراب ناعم جداً وقد تؤدى هذه الظاهرة مع الزمن إلى تصدعات خطيرة فى المبانى .

٦) عند محاولة تخفيض ارتفاع منسوب المياه فى التربة لسبب أو لآخر بطريقة غير مدروسة uncontrolled dewatering ينتج عن ذلك أن بعض جزئيات التربة تخرج من الماء المسحوب وتحدث خلخلة فى التربة soil particles wash - out تؤدى إلى هبوط فيها .

٧) يتأثر بعض أنواع التربة عن غيره بشكل أكبر عند حدوث الزلازل وخاصة إذا كان مشبعاً بالماء حيث تتصرف التربة وكأنها سائل ولذا تسمى هذه الظاهرة بسيولة التربة .

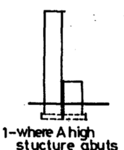
ولعلاج الشروخ : الناتجة عن إجهادات التربة .. وهذه تنقسم إلى قسمان :

أ) شروخ غير خطيرة يمكن إصلاحها بتخفيف الأحمال على التربة أو بحقن التربة لتقويتها أو بعمل أساسات جديدة تساعد على تقليل الإجهادات على التربة .

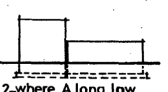
ب) شروخ خطيرة يصعب معالجتها أو تكون تكلفة معالجتها مرتفعة مثل عمل خوازيق جديدة أسفل المبنى لنقل بعض الأحمال عليه ويرجع إلى باب تقوية الأساسات .

٨ – يحدث الهبوط الغير منتظم فى عدة أشكال إما لنتيجة مبنى قديم وبنى مبنى جديد بجواره أو مبنى عالى أحماله ثقيلة والمبنى المجاور أحماله خفيفة ، والرسم التالى يبين بعض الحالات وعددها سبعة وكل حالة مختلفة عن الأخرى .

INEQUALITY OF SETTELLEMENT

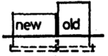


1-where A high stucture abuts A short small mass



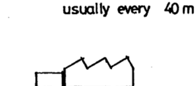
2-where A long low structure abuts A rigid mass

3-at ends of A low structure between two heavy masses and at Approriate intervaly usually every 40 m

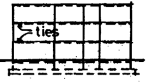


4-when a new building adjoint an existing building

5-In free standing building throug expasion joints are required at intervals of about 60 m



6-where difference in loadings exists



7-R.C. or steel ties at floor levels and foundation

الأسباب التى تؤدى الى الهبوط الغير منتظم

١٩ - شروخ نتيجة التحميل الخارجى :

تظهر هذه الشروخ فى الحوائط والبياض والأرضيات نتيجة وجودها وظهورها فى الأعضاء الخرسانية للمنشأ .. وتظهر عادة عندما تزيد الإجهادات الداخلية فى العضو الخرسانى عن أقصى إجهادات مأخوذة فى الاعتبار ، وغالباً ما تكون هذه الإجهادات إجهادات شد وفى بعض الأحيان تكون إجهادات قص أو ضغط وتظهر هذه الشروخ واضحة وصريحة ومتسعة ليست شعرية وتبدأ من وجه العضو الخرسانى وتمتد تدريجياً حتى حديد التسليح وبعده أيضاً فى بعض الأحيان .

وعندما تظهر هذه الشروخ تكون شعرية وباتساع حوالى ٠,١مم ويمكن رؤيتها بالعين المجردة وتنمو هذه الشروخ منتظمة فى الطول والاتساع وينطبق عليها النظريات الخاصة بالشروخ سواء عند الظهور أو بعد النمو .

وبالنسبة للشروخ التى لا تبدأ من العضو الخرسانى فعادة تكون مصحوبة بتأثير إجهادات القص أو الترابط وتكون لها خاصية عدم الانتظام وكذا ظهور التقصفات فى السطح .

وبالنسبة للشروخ الناتجة عن التحميل الخارجى .. فيراعى أولاً تقليل الحمل حتى لا تزيد من اتساع الشرخ وخطورته .. وفى حالة ظهور القشور والتقصفات قبل إجراء أى إصلاح ويعالج بعد ذلك العضو حسب حالة خطورته .. وقد يضطر فى بعض الأحيان لصلب المبنى وإزالة العضو مع تنفيذ عضو جديد بدلاً منه أو تركيب أعضاء مجاورة أخرى مثل كمرات حديدية وخلافه ، والرسم التالى يبين أن المبنى أضيف فيه على السطح والبدروم أحمال إضافية فيجب إزالة هذه الأحمال .



وضع أحمال جديدة على المبنى بالبدروم والسطح

٢٠ - شروخ التآكل :

هذا النوع من الشروخ ليس بالطبيعة مثل النوعية الأولية . وهذا عادة ما يظهر شروخ هذا النوع فى الأجزاء المصنوعة من خلطات ضعيفة أو متوسطة وتكون معرضة للرطوبة وتظهر هذه الشروخ نتيجة تأثير الرطوبة على الخرسانة ووصولها إلى حديد التسليح مما يتسبب فى تكوين خلية متآكلة وبزيادة حجم الخلية

ويحدث انفصال الخرسانة عن الحديد فى هذه الأجزاء .. وفى معظم الأحيان يظهر لون الصدأ على أسطح هذه الشروخ .

٢١ - شروخ بسبب صدأ الحديد :

هذه الشروخ تظهر موازية لحديد التسليح حينما يكون الغطاء الخرسانى غير كافٍ، وهناك عدة أسباب يجب اتباعها لملافاة هذه الشروخ :

أ) تصميم خلطة خرسانية مناسبة بركام متدرج تدرجاً حبيبياً ملائماً وذلك بهدف كثافة الخرسانة وتقلص كمية الفراغات .

ب) استعمال الخلطة الغنية بالأسمنت وخاصة من النوع الخاص لجميع الأعضاء الإنشائية والخرسانات المشيدة تحت الأرض أو الملاصقة للتربة لزيادة وتحسين مقاومة الخرسانة للمواد الضارة .

جـ) استعمال الغطاء المناسب لحديد التسليح فى أى عضو إنشائى لحماية حديد التسليح . ويوصى فى هذه المناسبة بالالتزام بمتطلبات المعايير القياسية الدولية المذكورة فى المواصفات والمعايير العالمية الألمانية - البريطانية والمعهد الأمريكى للخرسانة .

د) دهن وجه الأعضاء الخرسانية المدفونة تحت الأرض أو الملاصقة للأرض بطبقتين من مادة القار يساهم فى حماية وجه الخرسانة المعرض للتربة من تهجم المواد الكيميائية الضارة .

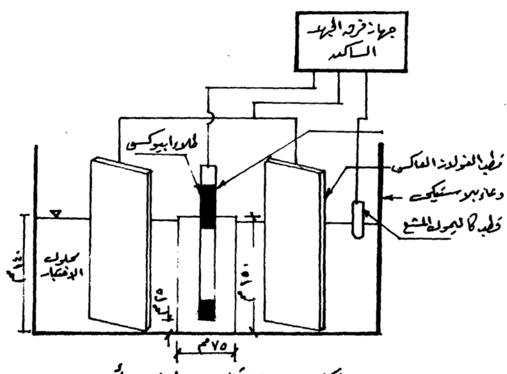
هـ) استعمال كميات كبيرة من الأسمنت وخاصة فى الخلطات المحتوية على كمية عالية من الركام الناعم يساهم فى تحسين نوعية الخرسانة .

و) استعمال نسبة مياه إلى الأسمنت منخفضة فى الخلطة الخرسانية يحسن نوعية الخلطة ويزيد مقاومتها .. ويوصى بأن تكون هذه هى القاعدة الرئيسية فى تصميم الخلطات الخرسانية .

ز) استعمال الطرق المناسبة لحماية ومعالجة الخرسانة الطازجة وذلك لتفادى جفاف سطح الخرسانة السريع قبل حصولها على المقاومة المطلوبة والتأكد من اكتمال تفاعل جميع كميات الأسمنت مع المياه مما يساهم كثيراً فى تحسين نوعية الخرسانة .

حـ) تفادى خلط وتصنيع الخرسانة فى الأجواء الحارة .

ط) يجب قياس معدل صدأ الحديد ، والرسم التالى يبين طريقة قياس معدل الصدأ .



شكل يبين جهاز قياس معدل الصدأ ..

٢٢ - شروخ سببها الانتفاخ فى التربة القابلة للتمدد :

من المعروف أن التربة القابلة للانتفاخ ترتفع فى المكان الذى وصله الماء وتظل بدون انتفاخ فى الأماكن التى لم يصلها الماء لهذا السبب يحدث تمزق وشروخ ويظهر هذا فى المبانى الخفيفة بكثرة ويقل فى الأبراج العالية وتبدأ هذه الشروخ من أسفل المبنى إلى أعلاه ، ولتلافى هذه الشروخ يتبع الآتى :

أ) إحلال طبقات التربة القابلة للتمدد بمواد أخرى مناسبة ... على أن يتم دمك تلك المواد دمكاً جيداً للحصول على أقصى كثافة .

ب) عمل شبكة تصريف رأسية وأفقية من الآبار الرملية قبل غمر التربة القابلة للانتفاخ بالماء وقبل إنشاء الأساسات وأجزاء المنشأ الأخرى الملاصقة للتربة أو المدفونة وبذلك يمكن تصريف الموقع بكفاءة وتقليص أثر انتفاخ وتمدد التربة . وحتى يكون العلاج ناجحاً فإن التربة يجب أن تبقى مغمورة بالمياه لفترة طويلة نسبياً .

جـ) استعمال مثبتات كيميائية من الجير والأسمنت حيث يتم خلط ذلك مع التربة القابلة للتمدد خلطاً جيداً ومن ثم يجب دمكها دمكاً جيداً .

د) حقن الجير تحت الضغط فى المناطق التى توجد بها شقوق فى التربة القابلة للتمدد والانتفاخ مما يقلل إمكانية تسرب المياه إلى التربة .

هـ) استعمال أساسات عميقة للوصول إلى طبقات التربة المستقرة وتفادى الطبقات القابلة للتمدد والانتفاخ .

و) عزل بلاطات الأرضيات عزلاً كاملاً والتأكد من عدم لمسها للتربة القابلة للتمدد والانتفاخ .

ز) استعمال حصيرة مقواة من الخرسانة المسلحة للأساسات بحيث تشكل التقوية تجاويف مربعة .

حـ) اختيار قواعد بأقل مساحة ممكنة ملامسة للتربة القابلة للتمدد والانتفاخ .

ط) تقليص المساحات المزروعة والتحكم فى عمليات ريها .

٢٣ – شروخ سببها ضغط المياه :

تظهر هذه الشروخ بالبدرومات بسبب ضغط المياه على الخرسانة ويصبح التفتت للخرسانة ظاهرة وذلك نتيجة كسر مواسير المياه ، ويجب اتباع الآتى لملافاة هذا الخطأ .

أ) تصميم حوائط وبلاطات المنشآت الخرسانية تحت سطح الأرض مثل البدرومات لتكون منشآت معزولة ومانعة لتسرب المياه مع تثبيت الأعضاء الإنشائية فى طبقات التربة المستقرة . حتى فى غياب منسوب المياه الجوفية أو تدنى منسوبها خلال مراحل الدراسة فإنه يوصى بتشييد المنشآت الخرسانية تحت سطح الأرض لتكون معزولة وتقاوم ضغط المياه وتسربها من الخارج .

ب) استعمال العوازل المانعة لتسرب المياه للمنشآت الخرسانية المشيدة تحت الأرض وخاصة فى حالة اعتماد الطرق المألوفة فى تصنيع وصب خرسانات الحوائط وأرضيات تلك المنشآت .

جـ) صب وتشكيل الخرسانة للمنشآت المشيدة تحت سطح الأرض بطريقة الدفق أو تحت ضغط الهواء (القذف) وذلك لأعضاء المنشأ سواء كانت بلاطات أو حوائط ساندة أو مغمورة تحت الماء . حيث إن هذه الطريقة تؤدى إلى تقليص فترة الإنشاء وتوفر طبقات المواد العازلة التى تستعمل عند صب الخرسانة بالطرق المألوفة .

٢٤ – شروخ بسبب صنع وصب الخرسانة فى الأجواء الحارة ، التقلص وتغير الحجم :

تحدث هذه الشروخ عند صب الخرسانة قبل التصلد وتظهر شروخ شبكية وذلك نتيجة التبخر السريع لمياه الخلطة بالإضافة إلى صب الخرسانة بأسماك كبيرة دفعة واحدة ويجب اتباع الآتى لملافاة هذا الخطأ .

أ) تقليص كمية الأسمنت فى الخلطة ما أمكن .. وخاصة لأعضاء المنشآت المعرضة مباشرة للجو الحار الجاف .

ب) استعمال مواد مضافة مناسبة لتحسين تشغيل خلطات الخرسانة .

جـ) استعمال أسمنت شديد النعومة مع مادة بوزولان لتفادى أثر وجود جير حى طلق فى الخلطة الخرسانية .

د) تفادى تصنيع وصب الخرسانة فى الأجواء الحارة .

هـ) تخزين الركام فى الظلال مع تظليل حديد التسليح .

و) إذا دعت الضرورة إلى تصنيع وصب الخرسانة خلال الفترة الشديدة الحرارة . فيجب استعمال مياه مبردة فى الخلطة أو إضافة ثلج مهشم إلى مياه الخلطة على أن يتم التأكد من أن جميع الثلج قد ذاب قبل بدء عملية إضافة الماء لخلطة الخرسانة وذلك فى البلاد العربية ذات درجة حرارة مرتفعة .

ز) تصنيع وصب الخرسانة خلال الساعات الأولى من الصباح الباكر أو فى وقت متأخر من الظهيرة حين تكون درجة حرارة الجو أقل من ٣٠° م .

ح) صب الخرسانة بالأحجام الكبيرة على طبقات غير سميكة نسبياً لتفادى تراكم الحرارة .

ط) صب خرسانات أعضاء المنشأ المنبسطة بطريقة تسمح بالتمدد ومن ثم تقلص الخرسانة المصبوبة دون عناء .

ى) استعمال طرق مناسبة لمعالجة الخرسانة الطازجة وذلك لتفادى التبخر السريع لمياه الخلطة وخاصة تفادى الجفاف السريع لسطح الخرسانة .

تأثير الوقت على الشروخ :

هناك عاملان ذا أهمية خاصة عند رؤية الشرخ ومعاينته والنظر لاتساعه وطوله .

أ) العامل الأول خاص بالتحميل وهل هناك تأثير لأحمال متكررة مثل حركة الماكينات وخلافه .

ب) العامل الثانى خاص بالزحف وهو ما يرتبط بالوقت .

وبالنسبة للعامل الأول بينت التجارب والأبحاث أنه عندما تكون الإجهادات المتولدة عن الاهتزازات والأحمال المتكررة أقل من أعلى إجهادات فى حديد التسليح فيكون تأثيرها ضعيفاً إلى حد ما فى هذه الحالة ويمكن إهماله .. وعلى العكس عندما تكون هذه الإجهادات أكبر من أعلى إجهادات فى حديد التسليح فإن اتساع الشرخ يزيد بنسبة ٤٥٪ عن اتساعه المعتاد .

وبالنسبة للعامل الثانى فقد بينت التجارب والأبحاث أيضاً بأنه على مدى عدة سنوات يزيد اتساع الشرخ بنسبة تتراوح بين ١٥٪ - ٢٠٪ عن الاتساع المعتاد نتيجة الزحف ولكن يجب أن نضع فى الاعتبار دائماً أن اتساع الشروخ عادة تكون أقل بالقرب من التسليح عن اتساعها على السطح الخارجى للعضو .

ومن المطمئن أن الشروخ التى تظهر فى المبانى بعد فترة مدة ١٠ - ١٥ عام تقريباً وتكون درجة اتساعها فى حدود ٢, - ٣,مم تكون غير ذات أهمية .

وقد بينت الأبحاث أيضاً أن الشروخ التى تكون اتساعها ٢,مم لا يظهر بها أى تآكل لحديد التسليح والشروخ التى يكون اتساعها ٥,مم ظهر بها تآكل صغير .

عيوب فى الخرسانة ذات أسباب متعددة

أولاً : التمليح :

من المعروف أن الأسمنت بعد الإماهة (Hydrated cement) يحتوى على هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca\ OH_2$) القابل للذوبان فى الماء وينتج من التفاعل بين الأسمنت والجير والماء، وعندما يتغلغل ثانى أكسيد الكربون الموجود بالجو داخل المسامات وبوجود الماء يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم مكوناً كربونات الكالسيوم التى تظهر فى صورة ترسيب أبيض اللون يعرف بالتمليح، ولإزالة هذا التمليح يتم باستخدام محلول مخفف من حامض المورياتيك بتركيز جزء من الحامض إلى ٦ - ١١ أجزاء فى الماء وفى حالة التمليح ونتيجة أملاح أخرى يمكن استعمال المحاليل التى تعادل هذه الأملاح ثم يغسل السطح جيداً .

ثانياً : بقع الصدأ :

بقع الصدأ الناتجة عن صلب التسليح يدل على عيب إنشائى وتظهر هذه البقع بالقرب من الحديد أو الصلب المدفون فى الخرسانة وتكون بنية اللون ولإزالة هذه البقع يتم استخدام محلول مكون من ٥, كيلو جرام من بودرة حامض الأكساليك oxalic acid لكل جالون من الماء أما البقع العميقة فيستخدم سترات الصوديوم (Sodium citrate) بتركيز جزء واحد إلى ستة أجزاء من الماء ويمكن استعمال هيدروسلفات الصوديوم Sodium hydrosulphate بتركيز جزء واحد إلى ستة أجزاء من الماء ويترك لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة هذا فى حالة ما إذا كان الحديد صدؤه غير متراكم ، أما إذا كان صدؤ الحديد متراكماً فيجب إزالة الغطاء الخرسانى وتنظيف أسياخ الحديد بفرشة سلك ثم دهان الحديد بمادة إيبوكسية واقية لصدأ الحديد ويعاد الغطاء الخرسانى من جديد مع دهان السطح القديم بمادة لصق هى الجنرال بوند ثم تقذف عليها الخرسانة حتى يتم رجوع أركان العمود إلى أصلها .

ثالثاً : بقع الحريق :

عادة ما يسود سطح الخرسانة بفعل النيران البسيطة أو الدخان الناتج من حريق الأخشاب والتى لم يتأثر بهما العضو الإنشائى ويكون لونه أسود ولإزالة هذه البقع تزال بشيئين أولهما يمكن استعمال قطعة مبللة من القماش بمحلول من فوسفات ثلاثى الصوديوم trisodium phosphate والجير الكوريدى chlorinatedlime وثانيها الحجر الخفاف أو الحصى والرمال .

رابعاً : بقع الزيت :

وهى تحدث عادة على أسطح الخرسانة وخصوصاً فى المطابخ نتيجة استعمال الشحوم والزيوت وفى الورش وذلك فى حالة عدم تكسية الحوائط بالقيشانى أو السيراميك ، ويمكن إزالة هذه البقع بالغسيل بالماء والصابون أو أى نوع قلوى لا يتفاعل مع الخرسانة .

خامساً : تلوين الخرسانة :

يتم هذا التلوين نتيجة استعمال الهزازات بطريقة مبالغ فيها فى أماكن وفى الأماكن الأخرى لا يكون الهز مبالغاً فيه وذلك عند صب الخرسانة وهذا اللون لا يسبب مشكلة ويمكن غطاؤه بطبقة من البياض .

سادساً : انتفاخ الخرسانة :

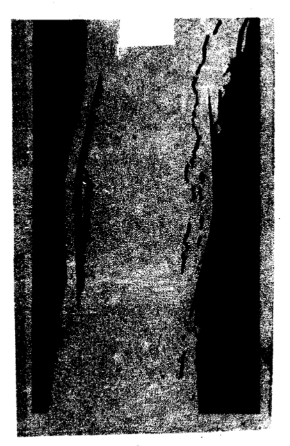
تنحصر أسباب الانتفاخ فى الخرسانة فى الآتى :

١) حدوث انتفاخ نتيجة تفاعل القلويات مع السيليكا النشطة بالركام أو انتفاش طبقة الطفلة الموجودة بالركام ويحدث ذلك عند وصول الرطوبة إلى هذه الطفلة وتسبب ظهور مادة هلامية على السطح نتيجة انتفاخ الخرسانة ولعلاج هذه الحالة يجب غسل الزلط غسلاً جيداً على طبلية مائلة من عروق خشب بين كل عرق حوالى ٥ سم ويغسل الزلط بالماء كل طبقة لا تزيد عن ١٥ سم .

٢) يحصل الانتفاخ فى حالة امتصاص الخرسانة رطوبة من الجو أو من الماء التى تصلها عن تلف مواسير المياه والصرف الصحى ، ولعلاج هذا إما أن تبيض الخرسانة ببياض يمنع دخول الرطوبة أو تدهن بمادة راتنجية لتسد مسام الخرسانة يمتنع دخول الماء .

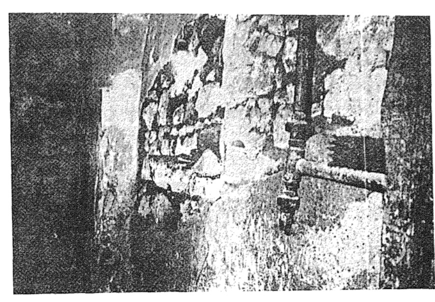
٣) صدأ الحديد، وللوقاية يجب عمل خلطة متجانسة من الخرسانة بحيث لا تسمح بدخول أى مياه أو رطوبة للخرسانة وقد سبق شرح هذا باستفاضة .

٤) الانتفاخ نتيجة التفاعلات الكيميائية ، من المعروف أن جميع الأحماض تؤثر على الخرسانة وذلك بتفاعل الحامض مع المونة مما يقلل التماسك بين حبيبات الزلط والرمل وخاصة أملاح كلوريد الصوديوم ، ويتسبب فى تساقط الخرسانة نتيجة الانتفاخ المصاحب للتفاعلات ، وللعلاج إما طبقة بياض جيدة أو دهان بمادة راتنجية لسد مسام الخرسانة .

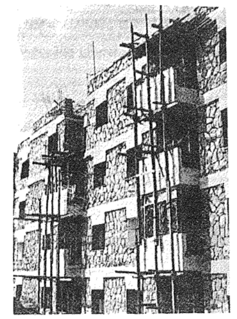


انبعاج فى تسليح العامود

مجموعة من الأشكال تبين الأضرار الناتجة عن الأهمال



شكل يبين مدى الضرر الذى لحق بالمبانى نتيجة
انسياب المياه من ماسورة تغذية



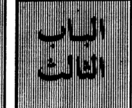
هذا المبنى جديد ولم يحدث له زلزال ولكن لسوء
التنفيذ رخمت البلكونات وتم صلبها لإصلاحها

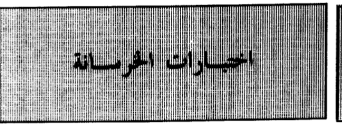


شروخ بأسفل المبنى بسبب أحمال زائدة

شكل يبين ما نتج عن زلزال ١٢ أكتوبر وفيه المبنى الضعيف تأثر بشدة والمبانى المتماسكة لم تتأثر مثل المبنى الضعيف

شكل يبين عامود تصدع وبالتالى تصدعت المبانى التى بجواره بهذا الشرخ الأفقى .





يشتمل هذا الباب على الاختبارات الخاصة بالخرسانة المسلحة وينقسم إلى أربعة فصول :

أولاً : اختبار الخرسانة ساعة الصب .

ثانياً : زيارة الموقع للوقوف على أسباب الشروخ وأى الطرق التى يحتاجها لعمل الاختبار على الخرسانة المتصلدة .

ثالثاً : اختبار الخرسانة غير المتلفة المتصلدة .

رابعاً : اختبار الخرسانة المتلفة – وسنبدأ بشرح كل بند على حدة .

الفصل الأول

الاختبارات على الخرسانة أثناء التنفيذ :

يجب التأكد من استيفاء الخرسانة لمتطلباتها الواردة بمواصفات المشروع ، وعلى المهندس المنفذ بالموقع التفتيش على كل خلطة قبل صبها بإجراء الاختبار على الخرسانة الطازجة وإعداد عينات اختبار الخرسانة المتصلدة طبقاً للمعدل الوارد بمواصفات المشروع أو كلما تطلب الأمر أيهما أكثر ، وتعتبر الخرسانة مستوفية لرتبة المقاومة المميزة المطلوبة أثنا التنفيذ إذا تحقق ما يلى :

١) إذا كان عدد عينات اختبارات مقاومة الضغط للخرسانة أقل من ٢٠ عينة فلا تقل أية نتيجة اختبار عن رتبة الخرسانة المطلوبة ولا يزيد الفرق بين أكبر قراءة وأصغر قراءة على ٢٠٪ من متوسط جميع القراءات .

٢) إذا كان عدد عينات اختبار مقاومة الضغط للخرسانة أكثر من ٢٠ عينة فلا يزيد عدد نتائج الاختبارات التى تقل رتبة الخرسانة المطلوبة على قراءة واحدة لكل عشرين قراءة ولا يزيد الفرق بين أكبر وأصغر قراءة على ٢٠٪ من متوسط جميع القراءات .

أسس الاختبارات :

تؤخذ عينة الخرسانة الطازجة من الخلطة بمجرد وصولها (وتكون العينة مجمعة من أجزاء مأخوذة أثناء التفريغ) ويجرى عليها الاختبار الوارد بمتطلبات الخرسانة الطازجة فى مواصفات المشروع ، وفى حالة توفر إمكانيات اجراء اختبار غير الوارد فى مواصفات المشروع دون توفر الأخير يجرى الاختبار المتوفر مع ضرورة مراعاة العلاقة المكافئة بين الخواص .

بمجرد الانتهاء من اختبار الخرسانة الطازجة والتأكد من استيفائها للمتطلبات الواردة بمواصفات المشروع تعد عينات اختبار المقاومة للخرسانة المتصلدة طبقاً للمواصفات القياسية المصرية وفى حالة توفر قوالب غير الواردة بهذه المواصفات تستعمل هذه القوالب مع مراعاة رفع النتائج النهائية بدلالة الخواص المميزة على العينات القياسية باستخدام معامل التحويل المذكور بالباب الأول للمواد ، وفى جميع الأحوال يجب أن يتم إعداد العينات باتباع الخطوات والاحتياطات الواردة فى المواصفات القياسية المصرية وذلك فى جميع المراحل – ملء القوالب – عدد طبقات الملء – هز ودمك الخرسانة – تسوية الخرسانة – حفظ القوالب فى مراحل التصلد الأولى – معالجة الخرسانة – نقلها لموقع الاختبار .

أما عن طريقة إعداد هذه المكعبات والتجربة فيرجع إلى المواصفات القياسية المصرية فى جميع مراحلها ولا داعى لسردها .

الفصل الثانى

زيارة الموقع وتنقسم إلى ثلاثة أقسام :

أولاً : دراسة المبنى إجمالاً

من المهم معاينة التصدعات من قبل المهندس الخبير ودراسة شكل هذه التصدعات وربطها مع بعض ومع نوع الحالة الإنشائية للمبنى ودراسة الأسباب المحتملة واستبعاد الأسباب غير المحتملة ويتم ذلك بالتدرج حتى يتم حصر السبب أو الأسباب المحتملة لهذه التصدعات . مثلاً يجب القيام بعمليات استقصاء عن المبنى من كافة النواحى مثل دراسة التفصيلات التنفيذية وظروف التنفيذ وهل حدثت مشكلات خلال التنفيذ أم لا وإن حدثت فما هى ، وهل حدثت مثل هذه التصدعات فى المبانى المجاورة أم لا وسؤال الذين قاموا بتنفيذ المبنى حول توقعاتهم عن الأسباب المحتملة للتصدعات من المفيد أيضاً مراقبة التصدعات لمعرفة هل هذه التشققات لا تزال نشيطة أم أنها توقفت أو خمدت . وتتم هذه المراقبة وفقاً لطبيعة التصدعات .

ثانياً : فحص المبنى من الخارج :

١) فحص الشروخ الخارجية للمبنى هل هذه الشروخ بجوار الأعمدة من آخر أدوار المبنى حتى الأساسات فيدل هذا على أنه هناك هبوط فى الأساسات نتيجة التربة أو نتيجة سحب مياه وحفر بجوار المبنى بعد إقامته .

٢) إذا كانت الشروخ فى عدد من الأدوار متفرقة و لم يستمر حتى الأساسات فيدل هذا على أن الشروخ فى أحد الأعضاء فيكون سبب هذا التنفيذ المخالف للرسومات .

٣) هل هناك ميول خارجية فى الواجهة رأسياً بكامل المبنى فيدل هذا على أن توزيع الأحمال غير منتظمة أو طبيعة التربة غير متجانسة .

٤) هل توجد مياه رشح بالواجهة نتيجة مياه متسربة من الصرف الصحى أو مواسير المياه ، وفى هذه الحالة يجب إعادة تركيب طبقات عازلة فى الأدوار الظاهر بها هذا الرشح .

٥) هل يوجد ترخيم فى البلكونات ويكون السبب فى هذا عدم تسليح البلكونة بحالة جيدة .

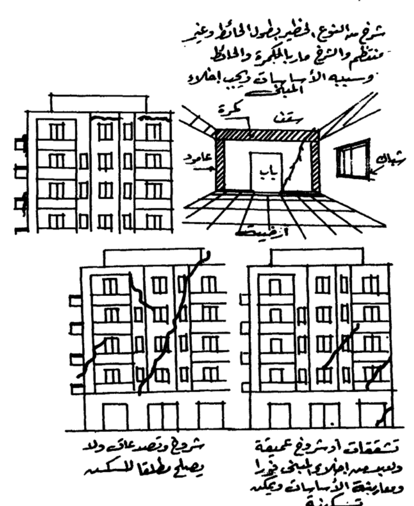
٦) هل هناك رشح فى الدور الأرضى ويكون السبب عدم وجود طبقة عازلة للأساسات والحوائط .

٧) هل هناك شروخ حول الفتحات مثل أبواب البلكونات والشبابيك وينتج هذا عن عدم وجود أعتاب كافية لحمل ما فوق الأعتاب من أحمال .

٨) هل هناك تعشيش فى الخرسانة عند الصب و لم يتم دمك الخرسانة بأصول فنية وعندئذ يجب تكسير الخرسانة وإعادة صبها مع وضع أشاير تزرع فى الخرسانة القديمة مثبتة بالإيبوكسى أو أى مادة من مواد الربط .

٩) هل بالسطوح فواصل ومناسيب مختلفة فى البلاط فيدل هذا على أن هناك مياه تسربت من المطر إلى الخرسانة المسلحة ولم يوجد طبقة عازلة للحرارة أو الرطوبة بالسطوح .

١٠) الرسومات التالية تبين بعض أنواع الشروخ الخارجية ومدى خطورتها .

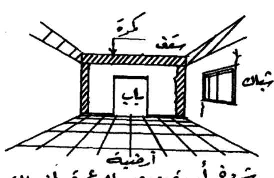


ثالثاً : فحص المبنى من الداخل :

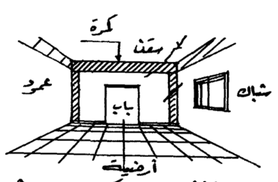
١) هل هناك شروخ فى المبانى تحت الكمرات مباشرة وهذا يدل على أن الخرسانة لم تصب مباشرة على مبانى الطوب أو على عدم الملء بالمونة جيداً عند نهاية المبانى ووصلها بالكمرة الخرسانية المصبوبة سابقاً والرسومات التالية تبين بعض أنواع الشروخ الداخلية ومدى خطورتها والواجب اتباعه نحو هذه الشروخ .



شرخ أفقى داخلى من الكمرة والحائط أو أعلى أو أسفل الشباك نتيجة اختلاف مواد البناء وعدم صب الخرسانة على المبانى مباشرة ولا خوف منه ويمكن ترميمه .



شروخ رأسية ملاصقة للأعمدة الخرسانية ولا خوف منه ويمكن ترميمه .



شروخ خطيرة أصابت الكمرة والعامود وهو ناتج عن حركة بين الأساسات والأرضية مما سبب انحناءات ويمكن علاجه طبقاً لدرجة تأثر الأساسات ككل بعد إخلاء المبنى

٢) هل هناك شروخ نافذة فى الحوائط بحيث ترى النور خارج المبنى وهنا يجب دراسة هذه الحالة حسب ما يوجد بالطبيعة .

٣) هل هناك رشح فى الأرضيات الخاصة بدورات المياه ومتشبعة وهنا يجب عمل تجربة لمعرفة السبب وهى سد فتحة الحوض والبانيو من البيبة وملؤهما ويمكن التعرف هل النشع من أحدهما أو كلاهما ، وذلك بنقص الماء فى أحدهم فيجب إصلاح التلف مع عمل طبقة عازلة لهذه الأرضية من جديد .

٤) هل هناك هبوط فى أرضيات الحجرات وهل سبب هذا الهبوط ترخيم فى البلاطة المسلحة فتعالج البلاطة .

٥) هل هناك خرسانة مسلحة للأعمدة والكمرات والبلاطات تم سقوط غطاء الخرسانة بها وظهر حديد التسليح وهل هذا نتيجة أحمال زائدة .

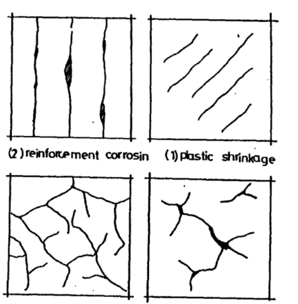
٦) الأشكال التالية تساعدك على معرفة أسباب الشروخ :

شكل رقم (١) يمكن أن تكون الشروخ ناتجة من انكماش الخرسانة وغالباً ما تكون هذه الشروخ والخرسانة لدنة .

الشكل رقم (٢) يبين الشروخ موازية لاتجاه حديد التسليح وهذه الشروخ يصاحبها نشع وخروج صدأ وفى بعض الحالات انهيار الغطاء الخرسانى .

الشكل رقم (٣) يبين أن الشروخ ناتجة عن تفاعل الركام مع الأسمنت حيث يتفاعل هذا الركام الذى يحتوى على سيليكا مائية مع أنواع الأسمنت التى تحوى نسبة عالية من القلويات .

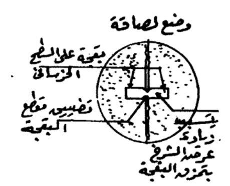
الشكل رقم (٤) يبين أن هناك شروخاً عشوائية وهى ناتجة من هجوم كيميائى مثل رشح من مياه الصرف ومحملة بكبريتيد الأيدروجين الذى يكون أول أكسيد الكبريت ثم حامض الكبريتيك يد٢ كب أ٤ .



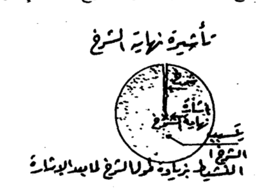
الفصل الثالث

اختبار الخرسانة غير المتلفة للخرسانة المتصلدة :

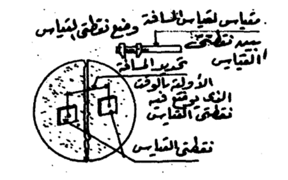
أولاً : عمل بقجة : تتم مراقبة الشروخ عن طريقة دهان المنطقة المتصدعة بمادة هشة Brittle بحيث تتكسر هذه المادة بسهولة عندما يكون التصدع نشيطاً ومن الممكن عمل بقج والبقجة عبارة عن وضع شريط من الجبس عمودى على الشرخ بطول ١٥ سم وعرض ٣ سم وارتفاع ١,٥ سم وتوضع هذه البقجة على الخرسانة المسلحة مباشرة وفى حالة زيادة الشرخ فبالتالى سيتم شرخ البقجة ويمكن القياس بإحدى الطرق التى سنشرحها فيما بعد : كما فى الشكل التالى .



ثانياً : تأشير نهاية الشرخ : تعمل إشارة عند نهاية الشرخ فإذا كان الشرخ نشيطاً سيزداد طول الشرخ لما بعد الإشارة .

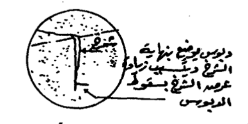


ويتم قياس هذه الشروخ بوضع إشارتين تحصران بينهما منطقة الشرخ وقياس المسافة بين كل فترة زمنية معينة بطريقة تشابه طريقة القياس للتشرخات .

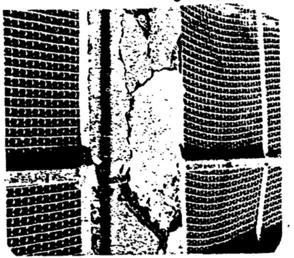


ثالثاً : وضع دبوس : يمكن وضع دبوس فى نهاية الشرخ فإذا زاد عرض الشرخ وقع الدبوس .

وضع دبوس



رابعاً : تصدعات التحلل : تصدعات التحلل يتم مراقبتها عن طريق إزالة الطبقة الخرسانية المتحللة جميعها أو العودة إليها وفحصها بعد فترات زمنية لمعرفة هل حصل تحلل جديد أم لا وقياس عمق الطبقة التى تحللت خلال هذه الفترات الزمنية بمعرفة معدل تغيير التحلل .



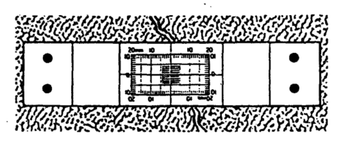
رسم يبين تصدعات التحلل بعامود

خامساً : طريقة القياس المعيارى : المقياس المعيارى هو عبارة عن ميكروسكوب صغير يمكن استعماله باليد ولعدسته الملاصقة مسطح تدريج يدون عليه الملاحظات الخاصة بأوصاف الشروخ وحديد التسليح والتطوير الذى حدث على سطحه كما فى الشكل التالى ، ويمكن مراقبة التحرك واتساع الشروخ بواسطة المبين الميكانيكى ، ويمكن تحديد مقاومة واتساع الشرخ على الرسم الخاص بالمنشأ وعن طريق عمل خطوط رأسية وأفقية على السطح للمنشأ يمكن أن تساعد كثيراً فى تحديد مكان الشرخ على الرسومات وممكن قياس اتساع الشرخ حتى ٠,٢٥ مم كما يمكن مراقبة التحرك الذى يحدث فى الشرخ من زيادة الاتساع أو العمق وذلك عن طريق المبين الميكانيكى كما فى الشكل (أ) .

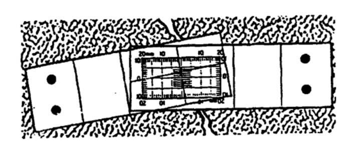
أما فى الشكل (ب) فيقوم بنفس العمل السابق مع إمكانية

تكبير الحركة فى الشروخ إلى ٥٠ مرة وكذلك يعين المدى المحتمل لحركة اتساع الشروخ وذلك أثناء فترة القياس ، وفى حالة رصد الشروخ وحركتها لمدد طويلة فيمكن عمل ذلك عن طريق استعمال شرائط يمكن حفظها وبرمجتها بالحاسب الآلى .

والمقاييس الميكانيكية تتميز بأنها ليس من الضرورى حفظها من الرطوبة وقد تظهر العيوب والمشاكل فى الهيكل الخرسانى فى وقت متأخر أو مبكر حسب نوع هذه العيوب .

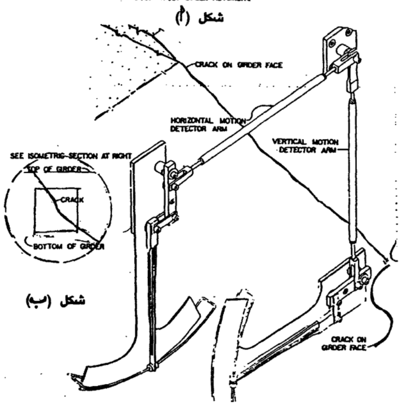


Newly Mounted Monitor



Monitor After Crack Movement

شكل (أ)



شكل (ب)

طريقة دقيقة لقياس الشروخ بطريقة المقياس المعيارى

والجدول التالى يوضح هذه العيوب وأعراضها ووقت ظهورها

السبب	الأعراض: شروخ	تشظى	تآكل	فترة الظهور: مبكرة	متأخرة
العجز الإنشائى	×	×		×	×
تآكل الحديد	×	×			×
الهجوم الكيميائى	×	×	×		×
الصقيع	×	×	×	×	×
الحريق	×	×		×	
الإجهادات الداخلية	×	×			×
تأثير الحرارة	×	×		×	×
الإنكماش	×	×		×	×
الزحف	×				×
سرعة الجفاف للخرسانة	×	×		×	

سادساً : اختبار نوع كابو : Capo test

هذا الاختبار يتم بعمل ثقب فى الخرسانة ثم يوضع قضيب مخصوص له قرص عرضى فى هذا الثقب ويتم خطوات العمل كالتالى :

ــ يتم حفر ثقب بعمق ٤٥مم وبقطر ١٨مم عمودى على سطح الخرسانة ويعمل قطاع عرضى لهذا الثقب عند عمق ٢٥مم بقطر ٢٥مم وارتفاع ١٠مم ويتم هذا الثقب عن طريق ماكينة تغريز يدوية حسب الشكل التالى ثم يتم وصل قرص ممدد من نوع خاص ذى قطر خارجى ١٨مم بمسمار قلاووظ ويجرى إنزاله فى الثقب حتى يصبح القرص أمام القطع العرضى ثم يلف المسمار حتى يتمدد القرص تدريجياً من ١٨ إلى ٢٥مم حتى يملأ القطاع العرضى .

ــ يتم نزعه باستعمال أسطوانة مفرغة سبق معايرتها وبعد قياس قوة الجذب المطلوبة يمكن الحصول على مقاومة الخرسانة للضغط من المنحنيات الخاصة بذلك .

٢٥مم
١٨مم
٤٠
١٠
١٠

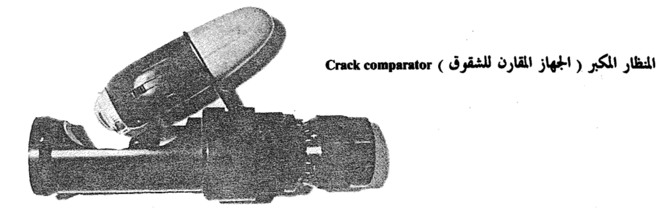
اختبار الجذب (نوع كابو)

سابعاً : اختبار وندسور Windser prop

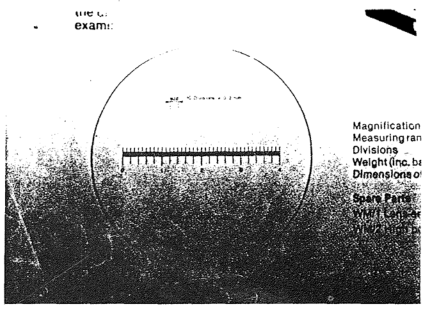
يتم الاختبار بإطلاق طلقات Pins وهى تتكون من أسياخ رفيعة لها طول وقطر محددان بداخل السطح الخرسانى من مسدس مخصوص – وهذه الأسياخ من الصلب المقوى – وهذا الاختبار يعمل على تقدير مقاومة الخرسانة المتصلدة ويمكن الحكم على قوة الخرسانة قياس الجزء من الطلقة prop الذى لم يدخل فى العضو الخرسانى .

ثامناً : المنظار المكبر المقارن للشروخ : Crack comparator

هذا الميكروسكوب ذو دقة وكفاءة عالية لقياس اتساع الشروخ حتى ٠,٠٢٥مم (١ / ٤٠مم) ونسبة التكبير ٣٥ ضعف ويحمل باليد مزود بمقياس على العدسة (scale) القريبة من السطح الذى يتم فحصه ويقاس الشرخ فى أماكن متعددة بحيث يمكن رسم شكل الشرخ على رسم بسيط (sketch) للعضو الخرسانى وتحديد اتساع الشرخ من نقاط مختلفة .



المنظار المكبر (الجهاز المقارن للشقوق) Crack comparator



جهاز مقياس الغطاء الخرسانى والكشف عن وجود تسليح



تاسعاً : جهاز مقياس الغطاء الخرسانى والكشف عن وجود حديد التسليح :

هذا الجهاز أداة نشيطة وسهل التعامل به حيث تعمل الرأس الباحثة عن الأسياخ بالكهرباء عن طريق بطارية ٩ فولت والقلب الداخلى عبارة عن مادة معدنية على شكل حرف U داخل علبة ١٠٠ × ٥٠ × ٢٥م وهذا القلب له ملفان منفصلان ملفوفان حول ذراعيها إحداهما تغذى تيار متردد ويتصل الآخر بمقياس الكشف عن التيار الكهربائى الذى يقيس فرق الجهد المتكون عندما يكمل جسم معدنى الدائرة . والأسياخ المدفونة فى الخرسانة هى الجسم المعدنى ويجب الإدراك على الأشياء التى تؤثر على القراءات مثل الكانات ووصلات الحديد والمسامير .

هذا ويصل عمق الفحص إلى ١٠ سم من السطح وظهرت مقاييس حديثة تكشف عن صلب التسليح لأعماق أكثر من ٦٠ سم ولها القدرة على تحديد قطر السيخ .

عاشراً : جهاز المطرقة المرتدة : مطرقة شميدت

Schmidt hammer

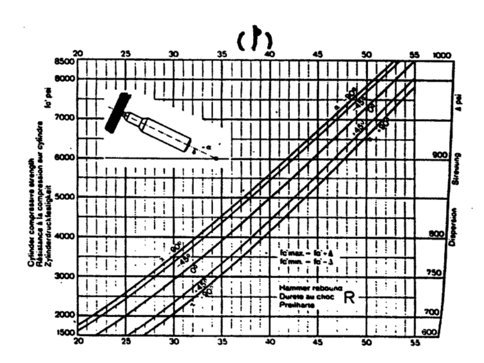
وهذا الجهاز يعمل على قياس الصلابة السطحية للخرسانة المتصلدة ويعطى فكرة عن مقاومة الخرسانة المختبرة .

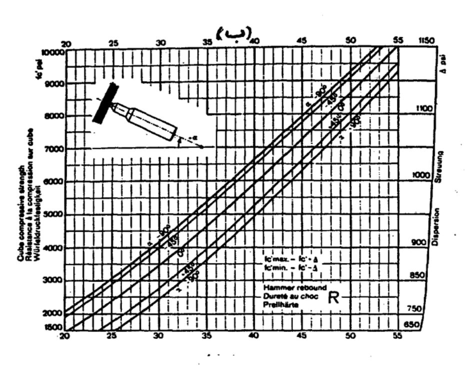
وتقوم الفكرة الأساسية لهذا الجهاز على صدم زمبرك معاير على دافعة ملاصقة مباشرة لسطح الخرسانة المراد اختبارها ثم ارتداد هذا الزمبرك مرة أخرى وقياس مقدار هذا الارتداد ويسجل هذا الارتداد رقماً يسمى رقم الارتداد وتؤخذ مجموعة من المنحنيات للميول المختلفة على سطح الخرسانة ابتداء من الزاوية −٩٠ حتى + ٩٠ .

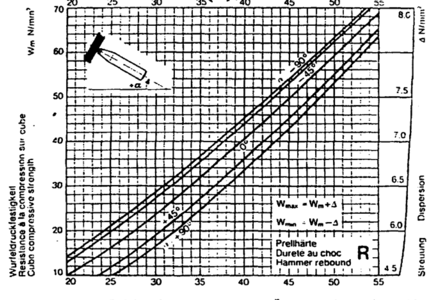
ولكن يكفى الإشارة إلى أهم هذه النتائج للتحذير من استعمال هذه الطريقة السهلة والميسرة دون مراعاة للمحاذير التى تصاحبها كما يفعل كثير من المهندسين عندما يعمدون إلى حمل هذه المطرقة إلى المبنى المراد تقويمه وبعد قيامهم باستعمالها فى عدة أماكن مختلفة يصلون إلى نتيجة غير مضمونة والسبب فى ذلك راجع إلى أن مثل هذه المطارق إنما تعاير على أساس نوع محدد ومعين من الخرسانة بركام وأسمنت وظروف خاصة وضعها الصانع وهى إذاً صالحة لمثل هذه الظروف فقط ولذلك فعلى الأقل لا بد من معايرتها للظروف المطلوب استخدامها فيها علماً بأن مجال الخطأ المتوقع بعد المعايرة قد يصل إلى ± ٢٠٪ فى حالة الخرسانة الجيدة وإلى ٥٠٪ فى حالة الخرسانة السيئة.

وبشكل عام تتأثر نتائج المطرقة بنوعية الركام وتدرجه ومقاسه الاعتبارى الأكبر وبكمية الحجر الأسمنتى ، فكلما كان التدرج خشناً والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام أكبر وكمية الحجر الأسمنتى أقل كلما كانت إمكانية وقوع الضربة على حبيبة من حبيبات الركام أكبر . مما يؤدى إلى نتائج غير صحيحة ويزداد رجوع الضارب كلما كان معامل مرونة الركام أكبر ، هذا بالإضافة إلى أن التجارب القائمة على استعمال الضارب إنما تقيس صلابة السطح وعادة ما يتعرض سطح الخرسانة لعوامل غير تلك التى يتعرض لها بقية المقطع من الداخل ولهذا السبب فإنه من السهل اعتبار مقاومة السطح مقاومة لكامل المقطع وتلعب المعالجة وامتصاص الماء وكربنة الأسمنت على الأسطح دوراً كبيراً فى اختلاف مقاومة السطح عن مقاومة قلب الخرسانة كما تؤثر نوعية الشدة ومدى امتصاصها ونفاذيتها للماء على نتائج القراءات ، فعلى سبيل المثال تكون الجهة السفلية للبلاطة الملامسة للشدة أكثر صلابة من الجهة العلوية وفى حالة الخرسانة الجافة القديمة جداً والتى يكون سطحها أكثر صلابة من داخلها يكون رقم الارتداد أكثر من الخفيفة . وفى حالة الخرسانة الرطبة التى تكون سطحها غالباً أقل صلادة من داخلها يكون رقم الارتداد أقل من الخفيفة . والرسومات التالية (أ ، ب ، جـ منحنيات تبين العلاقة بين رقم ارتداد المطرقة ومقاومة الضغط) والرسم (د مطرقة سميدات بدون عداد) والرسم (هـ مطرقة سميدات بالعداد لاختبار قوة الخرسانة والعداد يسمح وجوده بإجراء عدة اختبارات السرعة) .

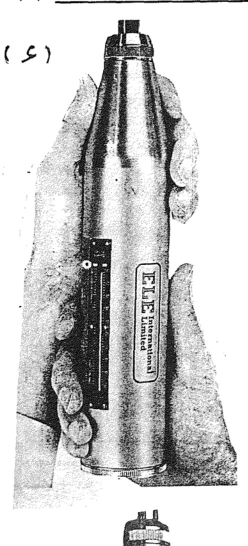
(أ)



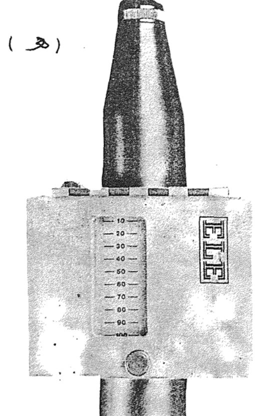




(د)



(هـ)



الاحتياطات الواجب اتخاذها عند استعمال المطرقة :

١) لا بد من معايرة المطرقة على نوعية الخرسانة المستخدمة فى المنشأ ولكن يمكن استخدامها دون معايرة للكربنة وأن تكون الأسطح ناعمة ومنتظمة وليست خشنة والأبعاد عن الأجزاء ذات الكثافة العالية لأنها تعطى رقم ارتداد كبير جداً .

٢) بعد إيجاد علاقة واضحة بين قيم المطرقة والقيم الناتجة عن اختبار القلوب يمكن استخدامها فى الحكم على بقية الأعضاء .

٣) فى حالة البلاطات الخرسانية ذات سمك أقل من ١٠ سم يجب سند الجزء المختبر لتلاشى الاهتزازات الناتجة عند نحافة تحت تأثير الصدمة .

٤) يتم أخذ عدد ١٥ قراءة على الأقل لرقم الارتداد بين كل موقع للقراءة والأخرى لا يزيد عن ٣ سم ثم تأخذ متوسط

القراءات لتلافى تأثير الجيوب الهوائية فى سطح الخرسانة .

٥) لا بد من معرفة العوامل المؤثرة فيها حتى يمكن أخذ ذلك فى الاعتبار كما أنه لا بد أن يكون القائم بالتجربة متدرباً عليها ، وكثيراً ما يحدث أن نرى المهندس يقوم بضرب المونة التى تعطى الخرسانة بواسطة مطرقة شميدت بدلاً من إزالة المونة وضرب سطح الخرسانة مباشرة وقد لا يلاحظ أثر الركام والتسليح وغير ذلك مما يقتضيه فن ومهارة القياسات غير المتلفة . اختصاراً لبعض العوامل المؤثرة فى مطرقة شميدت .

٦) يمكن اعتبار رقم الارتداد المتوسط مقبولاً عندما تكون هناك ١٠ قراءات من ١٥ قراءة لا تنحرف عن المتوسط بأكثر من ± ٢,٥٪ .

حادى عشر : اختبار بطريقة أشعة جاما : Gamma ray back

١) هذه الطريقة يمكن بها تقدير جودة وكثافة الخرسانة ، والكشف عن أى عيوب بالعضو الخرسانى وهى باستخدام أشعة جاما لتصوير الجزء الخرسانى المراد اختباره على مسافة حوالى ٦٠ سم ويوضع على الخرسانة فى الجزء المقابل للجهاز فيلم الأشعة ملاصقاً للخرسانة ومغلفاً من الخارج برقائق الرصاص لمنع تسرب الإشعاع ويتم تعريض الخرسانة للأشعة مدة مناسبة يتم بعدها فحص القيم ومن خلال هذا الفيلم تظهر الشروخ والفراغات فى الخرسانة كخطوط سوداء وتظهر أسياخ صلب التسليح كخطوط بيضاء كما يمكن لهذا الجهاز أيضاً تحديد أماكن الفراغات الداخلية المختفية فى كتلة الخرسانة ويمكن تحديد كثافة الخرسانة بواسطة تقدير مدى امتصاص الخرسانة للأشعة باستخدام عداد جيجر ومولير .

٢) ولمعرفة أجزاء الحديد التى بها صدأ فتظهر أقل بياضاً من الأجزاء الأخرى وذلك نظراً لأن الأجزاء المصمتة ذات الكثافة العالية تمتص الأشعة أكثر من التى هى أقل كثافة ، علماً بأنه كلما زادت كثافة الجزء المعرض للأشعة كلما قلت الأشعة النافذة منه والساقطة على اللوح الحساس أو فيلم الأشعة . والعكس صحيح فى حالة وجود فراغات أو شروخ أو كانت الكثافة صغيرة فإن الأشعة النافذة لها والساقطة على فيلم الأشعة تكون كثيرة فيظهر سواد على ذلك الفيلم فى مكان الشروخ أو مكان التعشيش علماً بأن كمية الأشعة الممتصة تتناسب طردياً مع كثافة الخرسانة وبالتالى يمكن معرفة مدى الأشعة الممتصة .

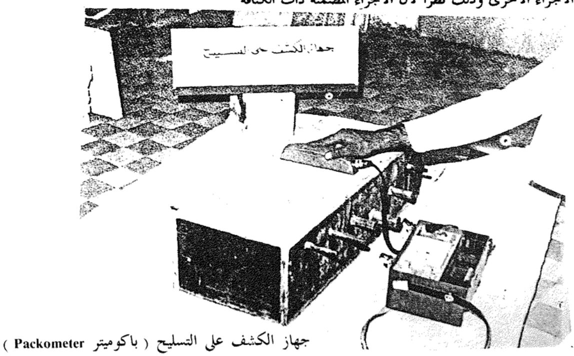
طريقة إجراء الاختبار :

يتم استقبال الأشعة الممتصة وذلك بواسطة عمل خروم بالخرسانة بقطر حوالى ٥ سم وعلى مسافة حوالى ٢٥ سم ويتم ربط مصدر الأشعة داخل أحد هذه الثقوب كما يربط لنفس الارتفاع فى الثقبين المجاورين لهذا الثقب عداد جيجر ومولير .

ثانى عشر : جهاز الكشف على أماكن التسليح باكوميتر Packometer

هناك أنواع من الباكوميتر لها قدرات محددة منها ما هو يبين مجرد إعطاء فكرة عن وجود تسليح من عدمه ومنها نوع متطور يمكن معايرته بحيث يعطى المقاس أو كان العمق معروفاً أو تعطى عمق التسليح أو كان مقاس السيخ الحديد معروفاً .

وفى بعض الأحيان يلزم تكسير الغطاء الخرسانى فى الحالة التى لا يعطى فيها الجهاز نتائج واضحة حتى يمكن التعرف على قطر السيخ وخاصة عندما يكون بالعضو المراد اختباره به تسليح كثيف congested أو فى الحالات التى تشك فيها أن التشققات سببها تآكل التسليح والجهاز كما فى الشكل التالى .

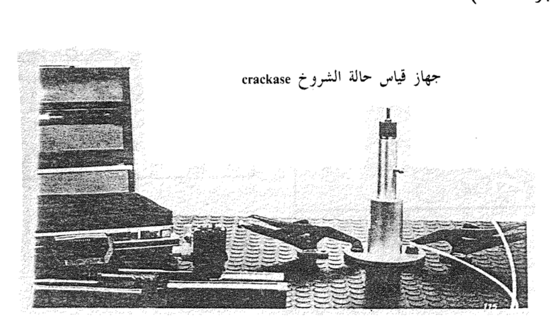


جهاز الكشف على التسليح (باكوميتر Packometer)

ثالث عشر : جهاز الخلية النصفية (النحاس والنحاس الكبريتى) Copper & copper sulfate half cell

هذا الجهاز يساعد على اكتشاف مدى استعداد التسليح للصدأ بواسطة قياسات كهربائية والفائدة كبيرة من هذا الاختبار غير المتلف وهو تحديد أجزاء المنشأ التى تحتاج إلى فحص أدق والذى قد يتضمن ولا يقتصر على استخراج القلوب الخرسانية (الاختبارات المتلفة) .

رابع عشر : جهاز يسمى Crackcase لقياس حالة الشروخ هذا الجهاز يتكون من أداة حفر ماسية ٣٥مم وملحقاتها ويلزمه تيار كهربائى عادى أو من البطارية .وأبعاده ٣٠٠ × ٤٠٠ × ١٠٠مم عرض × طول × ارتفاع ووزنه حوالى ٨ كجم وهذا الجهاز يحدد عمق الشرخ وتقدير نوعية وعمق مونة الإيبوكسى اللازمة لحقن الشروخ .


جهاز قياس حالة الشروخ crackase

خامس عشر : الاختبار بقياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة : Ultrasonic - plus - velocity (U.P.V)

تعريف زمن الانتقال :

زمن الانتقال : هو الزمن اللازم لانتقال موجة فوق صوتية من الناقل المرسل إلى الناقل المستقبل ماراً خلال الخرسانة المحصورة وعلى الجهاز تعيين حافة دليل الموجة بواسطة الناقل المستقبل .

ما هى الأغراض التى يطبق فيها قياس سرعة الموجات فوق الصوتية للخرسانة ؟

الغرض من هذه الطريقة هو قياس سرعة الموجات ذات الترددات الطولية المارة خلال الخرسانة وهذه القياسات قد تستخدم لتعيين :

١) تجانس الخرسانة .
٢) وجود شروخ أو فراغات أو عيوب أخرى .
٣) التغير فى مكونات الخرسانة الحادث مع الوقت .
٤) نوعية الخرسانة بالعلاقة مع المتطلبات القياسية .
٥) نوعية عنصر ما من الخرسانة بالعلاقة مع عنصر آخر .
٦) قيم معايير المرونة للخرسانة .

عند تواجد منطقة ذات دمك ضعيف أو فراغات أو تالفة بالخرسانة تحت الاختبار يحدث انخفاض فى سرعة الموجة المحسوبة وبذلك يمكن تعيين مدى العيوب بدقة .

وقياسات سرعة الموجة لمكونات الخرسانة يمكن استخدامها لأغراض مراقبة النوعية والجودة بالمقارنة بالاختبارات الميكانيكية على عينات مراقبة الجودة مثل المكعبات أو الأسطوانات وتتميز قياسات سرعة الموجة بالتغيير المباشر عن خرسانة المنشأ أكثر من العينات والتى لا تمثل تمثيلاً كاملاً لخرسانة المستخدمة فى العمل .

(أ) القواعد الأساسية لهذه الطريقة :

(١) انتشار الموجات فوق الصوتية فى الخرسانة :

الموجة ذات التردد الطولى تنتج بواسطة ناقل كهروصوتى الذى يحتفظ به ملامساً لسطح واحد من الخرسانة تحت الاختبار وبعد انتقالها لطول مسار معروف (ل) فى الخرسانة فإن موجة الترددات تتحول إلى إشارة كهربية بواسطة ناقل ثانى ودوائر زمنية الكترونية تمكن من قياس زمن الانتقال (ت) .

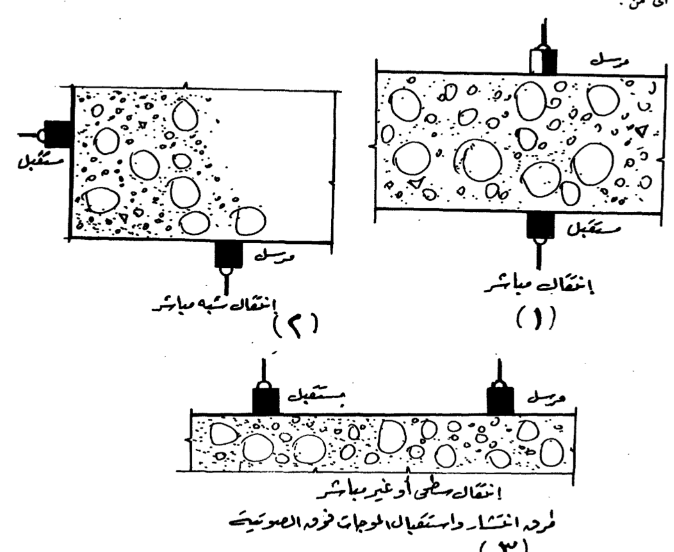
سرعة الموجة (ع) يمكن التعبير عنها كالآتى : $ع = \frac{ل}{ت}$

ويعين الناقل المستقبل على الجهاز مركبة الموجة التى تصل مبكراً وهذه هى حافة الدليل للتردد الطولى .

ومع أن اتجاه انتشار الطاقة العظمى يكون على زوايا قائمة مع وجه الناقل المرسل إلا أنه من الممكن تعيين الموجات التى تنقل فى اتجاهات أخرى خلال الخرسانة .

ولهذا فمن الممكن عمل قياسات سرعة الموجة بوضع الناقلين على أى من :

١) أوجه متقابلة (نقل مباشر) .
٢) أوجه متجاورة (نقل شبه مباشر) .
أو ٣) نفس الوجه (نقل غير مباشر أو سطحى) وهذه الثلاث أوضاع موضحة فى الشكل التالى ١ ، ٢ ، ٣ .



طرق انتشار واستقبال الموجات فوق الصوتية
(٣)

(ب) أحكام اتصال الموجة مع الخرسانة :

لمعظم أسطح الخرسانة يكون التشطيب ناعماً بدرجة كافية ليؤمن تلامس صوتى جيد باستخدام وسط اتصالى وبواسطة ضغط الناقل ضد سطح الخرسانة .

وأوساط الاتصال المتعارف عليها هى عجائن بترولية ، شحم ، صابون ، سائل كاولين ، وعجائن جلسرينية .

(جـ) قياس سرعة الموجة فى الخرسانة :

(١) اختيار وضع النواقل :

يفضل وضع النقل المباشر لأن الطاقة العظمى للموجة توجه للناقل المستقبل وهذا يعطى حساسية عظمى . أما وضع النقل غير المباشر فهو الأقل حساسية وينتج على الناقل المستقبل إشارة ذات سعة ٢٪ أو ٣٪ من تلك التى تنتج بواسطة النقل المباشر وعلاوة على ذلك هذا الوضع يعطى قياس سرعة الموجة التى تتأثر دائماً بطبقات الخرسانة السطحية وهذه الطبقة قد تكون من مكونات مختلفة عن الطبقات الأعمق فى الخرسانة ونتائج هذا الاختبار قد لا تمثل الخرسانة كلها .

ويجب أن يستخدم هذا الوضع فقط عندما يكون وجه واحد من الخرسانة يمكن الوصول إليه أو عندما تريد تعيين عمق شرخ سطحى أو عندما يهمنا أن نعرف نوعية الطبقة السطحية بالنسبة لكل الخرسانة .

أما بالنسبة لوضع النقل شبه المباشر فله حساسية متوسطة بين الوضعين السابقين .

وطول المسار فى هذه الحالة يمكن اعتباره أنه المسافة بين مركزى وجهى الناقلين .

٢ – درجة دقة قياس طول المسار :

يجب أن تكون درجة الدقة أحسن من ± ١٪ ويمكن السماح بزيادتها ± ١,٥٪ للمسارات الأطول من ٥٠٠ ملليميتر ذلك إذا علمنا أن درجة دقة القياس الزمن لهذا المسار أفضل من ١٪ .

د) درجة دقة قياس سرعة الانتقال :

يجب أن تكون درجة دقة قياس زمن الانتقال أفضل من ± ١٪ وذلك كما هو موضح فى الشكل السابق رقم (١).

تأثير ظروف الاختبار على قياس سرعة الموجة :

١) ظروف السطح : يفضل أن تكون النواقل من تلامس مع أسطح الخرسانة التى تم صبها على شدة أو أورنيك لأنه قد تكون الأسطح لمكونة أخرى (كمثال الجلى) ذات خصائص تختلف عن مادة الجسم الرئيسي .

وإذا كان من الضرورى العمل على هذا السطح فإنه يفضل أن يقاس على مسار أكبر من المستخدم فى الأحوال العادية .

ويجب أن لا يقل المسار عن ١٥٠ ملليميتر لطريقة النقل المباشر على أن يكون أحد السطحين مصبوباً على شدة على الأقل ولا يقل عن ٤٠٠ ملليميتر للطريقة غير المباشرة عبر سطح مصبوب على شدة .

وعندما لا نستطيع أن نتجنب سطح خشن (خاصة المساحة التى يجب أن تتلامس مع الناقل) يجب أن تتم تسوية سطحها أو ملئها للحصول على سطح أملس باستخدام مادة مناسبة بأقل سمك (كمثال بياض باريس أو مونة أسمنت أو مادة إيبوكسية على أن يتم السماح بفترة زمنية لتصلب المادة السائلة) .

٢) محتوى الرطوبة : يؤثر محتوى الرطوبة للخرسانة تأثيراً بسيطاً على سرعة الموجة وللمنشآت الخرسانية العادية والموجودة فى حالة تشبع يمكن حدوث زيادة فى سرعة الموجة حتى ٢٪ أعلى من نفس الخرسانة فى حالة الجفاف وفى حالات خاصة يمكن أن تصل هذه النسبة إلى ٥٪ علماً بأن أى محتوى الرطوبة يضعف تأثيره على سرعة الموجات خلال الخرسانة ذات القوة العالية عن الخرسانة ذات القوة المنخفضة .

٣) درجة حرارة الخرسانة : لوحظ أن تغير درجة حرارة الخرسانة بين ٥ إلى ٣٠ درجة مئوية لا يؤدى إلى تغير ملحوظ فى قيمة سرعة الموجة المقاسة فى الخرسانة .

٤) طول المسار : أقل طول مسار هو ١٠٠ ملليميتر للخرسانة التى لا يؤيد أقصى مقاس اعتبارى للركام فيها عن ٢٠ ملليميتر فأقل ٢ كذلك فهو ١٥٠ ملليميتر للخرسانة التى يتراوح فيها المقاس الاعتبارى الأكبر للركام بين ٢٠ ، ٤٠ ملليميتر .

٥) شكل وحجم العينة : يجب أن لا يقل البعد العرضى عن ٨٠ ملليميتر عندما يكون التردد الطبيعى للناقل المرسل ٥٠ كيلو هيرتز وفى حالة قياس سرعة الموجة فى عينة خرسانية بأبعاد تقل عن ذلك يجب استخدام النتائج بحرص .

٦) تأثير أسياخ التسليح : عادة ما تكون سرعة الموجات المقاسة فى الخرسانة المسلحة عند تواجد أسياخ حديد التسليح أعلى من الخرسانة العادية ذات نفس المكونات وهذا يرجع إلى أن سرعة الموجات فى الصلب تعادل من ١,٢ إلى ١,٩ ضعف السرعة فى الخرسانة وتحت ظروف خاصة يمكن للموجة الأولى الوصول إلى الناقل المستقبل عن طريق السريان جزئياً فى الخرسانة وجزئياً فى الصلب وذلك فى الأحوال الآتية .

أ) عندما يكون محور أسياخ التسليح عمودياً على اتجاه الانتشار.

جدول يبين معاملات التصحيح لتأثير أسياخ التسليح على اتجاه انتشار الموجة

$ل_ت / ل$	سرعة الموجة فى الخرسانة $ع_خ$ كجم / ث		
	$ع_خ$ = ٣	$ع_خ$ = ٤	$ع_خ$ = ٥
٠,١٠	٠,٩٥	٠,٩٦	٠,٩٨
٠,١٥	٠,٩٣	٠,٩٥	٠,٩٧
٠,٢٠	٠,٩٠	٠,٩٣	٠,٩٦
٠,٢٥	٠,٨٨	٠,٩٢	٠,٩٥
٠,٣٠	٠,٨٥	٠,٩٠	٠,٩٥

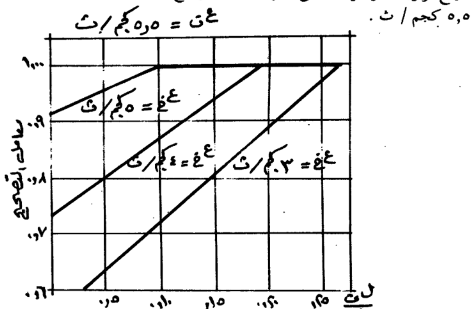
ل = طول المسار الكلى.

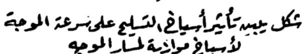
$ل_ت$ = طول المسار الكلى خلال أسياخ التسليح .

ب) المحور لأسياخ التسليح يوازى اتجاه الانتشار :

يجب تصحيح قيمة سرعة الموجة آخذين فى الاعتبار تأثير تواجد أسياخ التسليح وسوف يعتمد ذلك على المسافة بين خط المسار وحافة أقرب سيخ تسليح ويمكن توقع تأثير أسياخ التسليح على القياسات التى تحقق النسبة ل / ف حتى ٠,٢٥ للخرسانة ذات الجودة المنخفضة وحتى ٠,١٥ للخرسانة ذات الجودة العالية حيث (ف) هى المسافة بين خط المسار وحافة أقرب سيخ تسليح ، ويوضح الشكل التالى تأثير تواجد

أسياخ موازية لمسار الموجات على السرعة عندما تكون ع ت = ٥,٥ كجم / ث .





جـ) تأثير الإجهاد : عندما يتم تعريض الخرسانة لإجهاد عالى بدرجة غير عادية بالنسبة لنوعية الخرسانة يمكن حدوث انخفاض فى سرعة الموجة نتيجة تكون شروخ ميكروسكوبية .

(و) تجانس الخرسانة : فى حالة عدم تجانس الخرسانة المكونة لعنصر يحدث بالتالى تغير فى سرعة الموجة كنتيجة للتغير فى النوعية وتوفر قياسات سرعة الموجة طريقة لدراسة التجانس عن طريق اختبار نقط قياس تغطى بانتظام الحجم التقريبى لخرسانة المنشأ علماً بأن الفواصل بين نقط الاختبار تعتمد على حجم المنشأ ودرجة الدقة المرغوب فيها والتغيير الحادث فى نوعية الخرسانة أما فى المنشآت الكبيرة ذات الخرسانة المنتظمة يمكن القياس عند أركان شبكة ١ × ١ متر .

أما فى المنشآت الأقل حجماً وذات الخرسانة المتغيرة يمكن استخدام شبكة أقل من الأبعاد المذكورة ويمكن التغيير عن التجانس على هيئة عناصر إحصائية مثل الانحراف المعيارى لقياسات سرعة الموجة على امتداد شبكة القياس .

ويمكن استخدام هذه العناصر لمقاومة التغيرات الحادثة فى أجزاء خرسانة متماثلة الأبعاد .

ودرجة أهمية هذه التغيرات يجب الحكم عليها آخذين فى الاعتبار التأثير المتوقع حدوثه عليها من خلال أداء العناصر الإنشائية المختبرة ، وهذا يعنى أن التفاوت المسموح بها فى النوعية بين العناصر المختلفة يجب أن تكون منسوبة لتوزيع الإجهادات عليها تحت تأثير ظروف أحمال التشغيل الحرجة أو ظروف تعرضها .

(ز) تغير القياس عند تغير خصائص الخرسانة :

التغيرات الحادثة فى خصائص الخرسانة مع الوقت تكون إما بسبب عملية الهدرجة أو تأثير البيئة المتلفة أو للتحميل الزائد ويمكن تحديدها بواسطة تكرار القياسات لسرعة الموجة فى توقيتات مختلفة .

وتمثل التغيرات المقاسة فى سرعة الموجة التغيرات الحادثة فى القوة وتتميز بإمكان تنفيذها على فترات زمنية متتالية على نفس عينة الاختبار خلال البحث .

وتفيد قياسات سرعة الموجة لمتابعة عملية التصلب وعلى الأخص خلال أول عملية للتصلب وعلى الأخص خلال أول ٣٦ ساعة وهنا تحدث تغيرات سريعة فى سرعة الموجة مرتبطة مع التغيرات الفيسيوكيماوية الحادثة فى مكونات الأسمنت وعادة ترغب فى أن تتم القياسات على فترات من ١ إلى ٢ ساعة إذا تطلب متابعة دقيقة لهذه التغيرات وعند تصلب الخرسانة يمكن زيادة هذه الفترات إلى يوم واحد أو أكثر وذلك بعد مرور فترة ٣٦ ساعة من بدء الصب .

يمكن حدوث تلف للخرسانة نتيجة مهاجمة مواد متلفة أو بواسطة التجمد أو ذوبان الجليد وكنتيجة لذلك يحدث انخفاض فى سرعة الموجات ويمكن متابعة التلف المتتالى بواسطة تنفيذ قياسات متتالية لسرعة الموجات ويفضل أن يكون امتداد العينة تحت الاختبار فى مواضع التحقيق أعلى نسبة من طول السطح المعرض للسمك وحيث تكون التغييرات ملحوظة بوضوح .

(ح) جهاز القياس :

يتكون الجهاز من مولد موجات كهربائية وزوج من النواقل ومكبر وجهاز زمنى الكترونى لقياس الفترة الزمنية المستهلكة لانتقال الموجة المولدة من على الجهاز عند الناقل المرسل وحتى الوصول على الجهاز عند الناقل المستقبل .

(١) متطلبات الأداء : يجب أن يوفر الجهاز الملامح التالية :

أ) يجب أن يكون قادراً على قياس زمن الانتقال بدقة ± ١ ٪ .

ب) يجب أن تكون الموجة الالكترونية المنشطة عند الناقل المرسل لها زمن ارتفاع لا يزيد عن ربع الفترة الطبيعية وهذا لتأكيد حدة الموجة على الجهاز .

جـ) يجب أن يكون تكرار تردد الموجة منخفضاً بحيث يؤمن من استقبال الإشارة على الجهاز خاصة مع عينات خالية من الارتداد العكسى بواسطة الموجة السابقة .

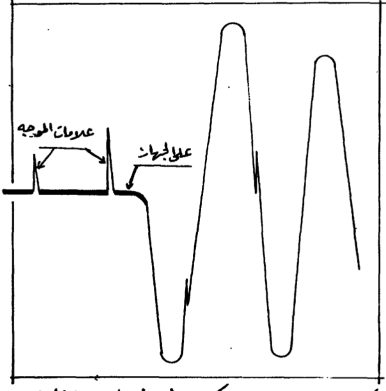
د) يجب أن يؤمن الجهاز أداء سليماً لمدى من درجات الحرارة والرطوبة المحيطة به كذلك فرق جهد التيار على أن ينص على هذه الظروف بواسطة المورد .

٢) النواقل :

يمكن استخدام نواقل بيزو إليكتريك ومغناطيس دقيق علماً بأن الأخير أكثر ملاءمة لمدى التردد المنخفض والتردد الطبيعى للنواقل يجب أن يتراوح من ٢٠ وحتى ١٥٠ كيلو هرتز وقد وجد أن تردد النواقل التى تصلح للغالبية العظمى من الاستخدامات يتراوح بين ٥٠ إلى ٦٠ كيلو هرتز .

٣) تحديد زمن وصول الموجة على الجهاز :

أ) أوسيلى سكوب ذو أشعة كاثود : فى حالة استخدام جهاز يوضح نتائج بواسطة أوسيلى سكوب ذو أشعة كاثود يجب تكبير الموجة المستقبلة إلى أقصى حد ممكن مع الأخذ فى الاعتبار الاحتفاظ بشكل مميز (شكل التجيل) على أن نتابع دليل الزمن ويؤخذ فى الاعتبار أن الموجة على الجهاز هى نقطة التماس لمنحنى الإشارات مع الخط الابتدائى الأفقى لدليل الزمن كما هو موضح بالشكل التالى .



شكل يبين شاشة اوسيليسكوب يوضح وضع الموجه على الجهاز

ب) الأجهزة الرقمية : يجب أن تشكل وتكبر الموجة المستقبلة بالأجهزة الرقمية للمستوى ولارتفاع الزمن ليتمكن المزامن الرقمى من التقاطها .

ويجب أن يلتقط المزامن من نقطة على حافة الدليل للموجة خلال فترة زمنية تتناسب مع مدى الدقة .

جـ) ضبط الصفر للأجهزة الزمنية : يفضل بصفة عامة تنفيذ ضبط زمن التأخير أثناء أحكام اتصال النواقل على وجهين متقابلين لقضيب عيارى مناسب معروف له زمن الانتقال بدقة .

– يجب تنفيذ الضبط الصفرى لزمن التأخير للجهاز عند كل استخدام أو عند استخدام نواقل مختلفة أو عند تبديل النواقل

مكان بعضها وقد يحتاج الأمر لتنفيذ أكثر من اختبار للضبط الصفرى وذلك طبقاً لاتزان الدوائر الكهربائية والكابلات .

(ط) – عرض النتائج فى التقرير :

يجب أن يحتوى التقرير على نتائج الاختبارات والبيانات التالية كلما أمكن ذلك :

١) نوع وصانع الجهاز ودرجة دقة قراءاته وتردد الموجة أو أى ملامح خاصة به .

٢) وصف للمنشأ والعينات المختبرة .

٣) مواصفات الخرسانة .

٤) المكونات الاعتبارية للخرسانة :

أ) نوع الأسمنت . ب) محتوى الأسمنت .

ج) نسبة الماء إلى الأسمنت . د) حجم ونوع الركام .

هـ) الإضافات المستخدمة .

٥) ظروف المعالجة ودرجة الحرارة وعمر الخرسانة عند وقت الاختبار .

٦) كروكى يوضح وضع النواقل ونقط ومسارات انتشار الموجة ويجب أن يوضح هذا الكروكى تفصيلات أسياخ حديد التسليح أو الأنابيب فى مساحات الاختبار .

٧) حالة السطح عند نقط الاختبار (ناعم أو جلاء خشن) .

٨) حالة الرطوبة الداخلية المتوقعة فى الخرسانة عند توقيت تنفيذ الاختبار. كمثال سطح مبلل – جاف ولكن رطب (تم فك الشدة من فترة قصيرة) جاف التهوية (تم فك الشدة فى بيئة جافة منذ فترة ليست قصيرة) .

٩) طول المسارات وطرق القياس ودرجة الدقة المتوقعة .

١٠) القيم المقاسة لسرعة الموجة .

١١) قيم سرعة الموجة المصححة لتواجد أسياخ حديد التسليح .

(ى) – تفسير النتائج :

لتفسير نتائج قياسات سرعة الموجات فوق الصوتية يجب الرجوع إلى البنود ثالثاً ورابعاً وخامساً والمختصة على التوالى باستخدام هذه القياسات لاستنتاج قيم ثوابت المرونة والقوة ولتحديد مدى العيوب فى الخرسانة فى البنود التالية .

أولاً : اختبار درجة دقة قياس زمن الانتقال : من الضرورى اختبار الأداء الكلى بتنفيذ قياسات على عينتين قياسيتين معروف مسبقاً لهم زمن الانتقال بدقة ويفضل أن يكون زمن الانتقال للعينتين القياسيتين هو ٢٥ ميكروث و ١٠٠ ميكروث والعينة القياسية الأقل تستخدم لضبط صفر الجهاز كما سبق إيضاحه ، والعينة القياسية الأطول تستخدم لاختبار دقة قياس زمن الانتقال بواسطة الجهاز ، وتنفيذ القياسات على العينات بوضع ناقل على كل نهاية ويتم تسجيل قراءة زمن الانتقال ومن الضرورى تنفيذ أحكام اتصال جيد ويجب استخدام طبقة رقيقة جداً من وسط أحكام الاتصال والتى تفصل نهايتى كل من العينة عن الناقل الملامس ويجب أن لا تختلف القياسات المسجلة عن القياسات المعروفة للعينة القياسية بأكثر من ± ٠,٥٪ .

ثانياً : قياس سرعة الموجات باستخدام طريقة النقل السطحى أو الغير مباشر .

يوضح الرسم رقم ٣ السابق بأول البحث من طرق انتشار واستقبال الموجات فوق الصوتية أوضاع هذه الطريقة عند استخدام هذا الوضع يظهر بعض عدم التحقيق من الطول الدقيق لمسار الانتقال بسبب المساحة المميزة لسطح التلامس بين النواقل والخرسانة ولذلك من المفضل تنفيذ عدة قياسات باستخدام النواقل على مسافات مختلفة لحذف عدم التحقيق .

ولتنفيذ ذلك يجب وضع الناقل المرسل متلامساً مع سطح الخرسانة فى موضع ثابت أما الناقل المستقل فيوضع على مسافات تتزايد بقيم ثابتة على امتداد خط مستقيم على السطح .

توقع أزمنة الانتقال المسجلة على هيئة نقط على رسم يوضح علاقتها مع المسافة التى تفصل النواقل ، يوضح الشكل التالى الذى يبين تحديد سرعة الموجة بالطريقة السطحية الغير مباشرة مثال لذلك ، ويمثل ميل أفضل خط مستقيم يمكن رسمه خلال النقط الموقعة متوسط سرعة الموجة على امتداد خط مستقيم على سطح الخرسانة ، وفى حالة استنتاج أن النقط الموقعة أوضحت عدم استمرارية فإن ذلك يشير إلى تواجد شرخ سطحى أو طبقة سطحية ذات جودة أقل (كما سيذكر فى رابعاً وتكون السرعة المقاسة فى هذه الحالة غير مقبولة) .

ثالثاً : تعين معايير المرونة ونسبة بواسون الديناميكية للخرسانة .

تتغير قيم معاير المرونة (كل من الديناميكية والاستاتية) ونسبة بواسون والكثافة من نقطة إلى أخرى فى منشأ خرسانى وليس من الممكن دائماً تنفيذ اختبارات الرنين على عناصر المنشآت لتحديد قيم هذه الخواص ولذلك فيمكن استخدام العلاقات العلمية لتوقيع قيم معاير المرونة الاستاتيكى والديناميكى من قياسات سرعة الموجات المنفذة على عند أى موضع فى منشأ وهذه العلاقات معطاة فى الجدول التالى وتطبق على معظم الخرسانة المنفذة باستخدام الركام الطبيعى والقيم المتوقعة لمعاير المرونة باستخدام هذا الجدول سوف تحقق درجة دقة أعلى من ± ١٠٪ .

جدول يبين العلاقة العملية بين معاير المرونة الإستاتيكى والديناميكى وسرعة الموجة

سرعة الموجة	معاير المرونة	
	الديناميكى	الإستاتيكى
كجم / ث	ألف ك نيوتن / م٢	ألف ك نيوتن / م٢
٣,٦	٢٤٠٠٠	١٣٠٠٠
٣,٨	٢٦٠٠٠	١٥٠٠٠
٤,٠	٢٩٠٠٠	١٨٠٠٠
٤,٢	٣٢٠٠٠	٢٢٠٠٠
٤,٤	٣٦٠٠٠	٢٧٠٠٠
٤,٦	٤٢٠٠٠	٣٤٠٠٠
٤,٨	٤٩٠٠٠	٤٣٠٠٠
٥٠	٥٨٠٠٠	٥٢٠٠٠

رابعاً : العلاقة المتبادلة مع الاختبارات القياسية للقوة :

١ – توقع قوة الخرسانة : توضح المواصفات طرق اختبار الخرسانة المتصلبة لقياس القوة على كل من عينات الخرسانة المصبوبة والعينات المنتخبة خلال أعمال تشييد الخرسانة وتستخدم نتائج هذه الاختبارات لإيضاح جودة ونوعية الخرسانة خاصة بالنسبة لأدائها كمادة إنشاء ملائمة لتأكيد النوعية والجودة لكل من الخرسانة المصبوبة فى الموقع والسابقة الصب ومن الملائم التعبير عن الناتج بالعلاقة مع الاختبارات الموضحة بالمواصفات .

الاختبارات الأخيرة تقبل عموماً كمقياس للجودة ، أما الاختبار الفوق صوتى فيمكن استخدامه أفضل لربط سرعة الموجة مباشرة مع أداء مكونات خرسانية لأنماط خاصة من المنشآت .

٢ – طريقة علاقة متبادلة مع اختبارات قياسية للقوة :

عند وضع هذه العلاقة المتبادلة يجب اختبار عدداً كافياً من العينات لتغطية مدى مناسب من القوة ولتوفير جدارة إحصائية ينصح بتجهيز واختبار عدد ٣٠ عينة على الأقل تغطى مدى القوة المرغوب فيه ، ويمكن تغيير القوة بتعديل إما :

١) نسبة الماء إلى الأسمنت .

٢) العمر عند الاختبار .

٣) درجة الدمك : ويعطى ذلك نتائج مرضية فى حالة الحصول على توزيع منتظم لمحتوى الفراغات علماً بصعوبة تحقيق ذلك .

لذلك فمن الضرورى استخدام طريقة واحدة لتغير القوة لعلاقة متبادلة معينة وبما يناسب التطبيق للمطلوب .

العلاقة المتبادلة التى تحصل عليها بتغيير عمر الخرسانة مناسبة لتطبيقها فى مراقبة تطور القوة ولكن لأغراض مراقبة الجودة يفضل استخدام علاقة متبادلة بواسطة تغيير نسبة الماء إلى الأسمنت .

ويجب قياس سرعة الموجة على امتداد العينة فى اتجاه متعامد على اتجاه الصب للخرسانة داخل الأورنيك وفى حالة الكمرات يفضل قياس سرعة الموجة على امتداد طولها للحصول على دقة أعلى .

٣ – طريقة وضع علاقة متبادلة مع أداء إنشائى لوحدات سابقة الصب :

يطلب أحياناً تطابق بعض العناصر سابقة الصب مع متطلبات أداء قوة ميكانيكية معينة ولمثل هذه العناصر يمكن وضع علاقة متبادلة بين قياسات سرعة الموجة وبعض الأنماط الخاصة باختبارات أداء القوة وهذا يجب تنفيذه بقياسات لسرعة الموجة على العناصر فى المجالات المناسبة التى يتوقع للخرسانة الفشل فيها تحت ظروف اختبارات التحميل .

وطريقة الحصول على علاقة تبادلية بالرسم فى هذه الحالات يجب أن تكون مشابهة لما هو موضح فى البند (٢) السابق .

خامساً : تحديد العيوب : عند تقابل موجة فوق صوتية (منتقلة خلال خرسانة) مع سطح مشترك بين الخرسانة والهواء يحدث انتقال ضعيف للطاقة على امتداد السطح لذا فى حالة تواجد شرخ ممتلىء بالهواء أو فراغات بين ناقلين يعترض ذلك الحزمة فوق الصوتية عندما تكون المساحة المسقطة للفراغ الهوائى أكبر من مساحة النواقل .

فى هذه الحالة سوف تكون أول موجة تصل إلى الناقل المستقبل قد حادت حول محيط الجزء المعيب وبالتالى سوف يزيد زمن الانتقال بخرسانة مماثلة بدون عيوب .

البنود التالية توضح أسلوب تفسير نتائج الاختبارات المنفذة لتعين العيوب .

١) تعين الفجوات : والفراغات الكبيرة :

يمكن تحديد تواجد الفجوات الكبيرة بقياس زمن انتقال الموجة المارة بين ناقلين عندما يكونا فى موضع بحيث تقع الفجوة على المسار المباشر بينها ، وحجم هذه الفجوة يمكن توقعه باعتبار أن الموجات تمر خلال أقصر مسار بين النواقل حول الفجوة .

٢) توقع عمق شرخ سطحى : نرغب فى بعض الأحيان الحصول على توقع لعمق شرخ مرئى على سطح خرسانة منشأ ونحصل على ذلك بقياس أزمنة الانتقال عبر الشرخ . لوضعين مختلفين للنواقل على السطح ، ويوضح الشكل التالى وضع مناسب الذى فيه توضع النواقل الراسلة والمستقبلة على جهتين مقابلتين بالنسبة للشرخ وعلى مسافات متساوية منه ويتم اختيار قيمتين للمسافة (ف) ويتم قياس زمن الانتقال لكل منها والقيم الملائمة للمسار هى ١٥٠ مم ، ٣٠٠ مم وفى حالة

استخدام هذه القيم يمكن إعطاء عمق الشرخ بالمعادلة التالية .

$$ل = ١٥٠ \sqrt{\frac{٤ ن_{١}^{٢} - ٢ ن_{٢}^{٢}}{ن_{٢}^{٢} - ن_{١}^{٢}}}$$

حيث ل = عمق الهواء المالىء للشرخ

$ن_{١}$ = زمن الانتقال لمسافة ف = ١٥٠م

$ن_{٢}$ = زمن الانتقال لمسافة ف = ٣٠٠م

المعادلة (السابقة) تم استنتاجها على فرض أن الشرخ متعامد على سطح الخرسانة ، وأن الأجزاء المحيطة به ذات جودة منتظمة .

ويمكن تنفيذ اختبار للتأكد من تعامد الشرخ على السطح بواسطة وضع النواقل أقرب ما يمكن للشرخ (كما هو موضح بالشكل التالى الذى يبين تحديد عمق الشروخ) وتحريك إحداهما بالتالى بعيداً عن الشرخ وعند حدوث نقص فى زمن الانتقال يكون ذلك مؤشراً على أن اتجاه ميل الشرخ فى الاتجاه الذى يتحرك فيه الناقل.

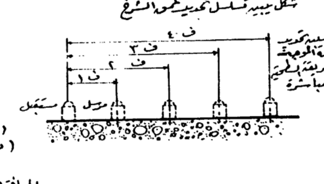
٣ - توقع سمك طبقة خرسانة ذات جودة رديئة :

قد تشك فى تواجد طبقة سطحية للخرسانة رديئة، وقد يحدث ذلك أثناء التصنيع أو كنتيجة لتلف بالحريق أو الصقيع أو هجوم من الكبريتات ويمكن توقع سمك هذه الطبقة السطحية للخرسانة بواسطة قياسات فوق صوتية لزمن الانتقال على امتداد السطح

مرسل مستقبل

أ - شرخ متعامد على السطح ب - شرخ مائل

شكل يبين تسلسل تحديد عمق الشرخ



ويمكن استخدام التسلسل الموضح بثانياً ثم ترسم النتائج (كما هو موضح بالشكل التالى الذى يبين تحديد سرعة الموجه بالطريقة السطحية غير مباشرة) ، وتنقل الموجات خلال الطبقة السطحية للمسافات القصيرة التى تفصل النواقل ، وميل الخط المستقيم الناتج يمثل سرعة الموجة فى هذه الطبقة السطحية ومد المسافة معينة بين النواقل تكون أول وجه وصلت للناقل قد مرت خلال الطبقة السليمة السفلية (ذات جودة خرسانية أعلى) ويعطى ميل الخط المستقيم الثانى سرعة الموجة فى هذه الطبقة المسافة (ف) والتى عندها تغير ميل الخط المستقيم تقع السرعة المقاسة فى طبقتين خرسانيتين مختلفتين ويمكننا ذلك من توقع سمك الطبقة السطحية كالآتى :

$$س = \frac{ف}{٢} \cdot \frac{ع س - ع ت}{ع س + ع ت}$$

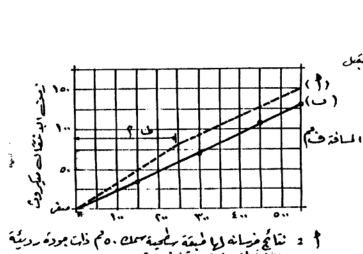
حيث ع ت : سرعة الموجة فى الطبقة التالفة .

ع س : سرعة الموجة فى الطبقة السليمة .

س : سمك الطبقة التالفة .

(ف) المسافة التى تغير عندها ميل الخط المستقيم ويكون استخدام الأسلوب السابق للمسطحات ذات الجودة الرديئة والتى تكون درجة التلف فيها تجعل (ع ت) تقل بطريقة ملحوظة عن (ع س) .

وفى حالة تواجد مناطق ذات خرسانة معششة يمكن تحديد السمك باستخدام الأسلوب السابق ولانتشار الموجات سطحياً (الانتشار الغير مباشر) بالإضافة إلى طريقة الانتشار المباشر .

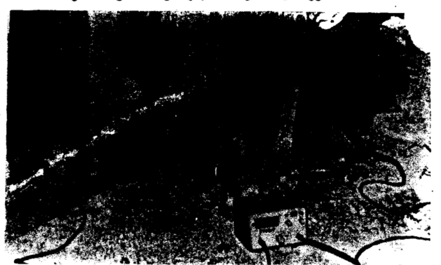


أ = نتائج خرسانة لها طبقة سطحية سمك ٥٠مم ذات جودة رديئة

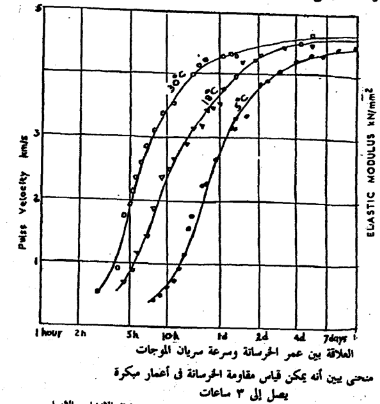
ب = النتائج لخرسانة متجانسة



صورة تبين مكونات جهاز الموجات فوق الصوتية



صورة تبين طريقة القياس لأحد الأعمدة



العلاقة بين عمر الخرسانة وسرعة سريان الموجات

منحنى يبين أنه يمكن قياس مقاومة الخرسانة فى أعمار مبكرة يصل إلى ٣ ساعات

منحنى يوضح تأثير معاير المرونة على سرعة سريان الموجات

الفصل الرابع

الاختبارات المتلفة للخرسانة :

أولاً : اختبار القلب الخرسانى : فى الحالات التى لا تفى فيها نتائج اختبار الضغط بمتطلبات المقاومة أو فى حالة الشك بمقاومة الخرسانة فى عنصر لا توجد لخرسانته نتائج اختبار تؤخذ منه قلوب خرسانية ويتم أخذها وإعدادها واختبارها طبقاً للمواصفات القياسية المصرية ، وتعتبر الخرسانة مقبولة إذا كان متوسط المقاومة المحسوبة للعينة القياسية لا يقل عن ٨٠ ٪ من المقاومة المطلوبة وبشرط أن لا يزيد الفرق بين المقاومة العليا والمقاومة الدنيا لقلوب الخرسانة عن ٢٥٪ من متوسط المقاومة إذا لم يتحقق هذا الشرط فيجب إجراء اختبار تحميل .

العوامل التى تؤثر فى اختبار القلب الخرسانى :

أ) العلاقة بين مقاس القلب والمقاس الاعتبارى للركام : بالنسبة للعينات المستخرجة من قلب الخرسانة فقد ثبت أن مقاومة الضغط تتأثر كثيراً بنسبة البعد الأصغر (القطر) إلى المقاس الاعتبارى الأكبر كلما قلت هذه النسبة عن (اثنين) ، ويتلاشى هذا الأثر كلما زادت عن (اثنين) بل يكاد ينعدم عندما تقترب من (ثلاثة) .

ولهذا السبب يؤكد عدد من المواصفات مثل البريطانية ، الأمريكية ، الألمانية على أن لا تقل النسبة بين أصغر بعد مقاس للعينة والمقاس الاعتبارى الأكبر للركام عن (ثلاثة) حتى يمكن ضمان اختفاء هذا الأثر على نتائج مقاومة الضغط . ولهذا ننصح بأن يكون قطر القلب الخرسانى فى العادة فى حدود ١٠٠ مم لأن المقاس الاعتبارى الأكبر للركام يتراوح فى خرسانة المنشآت المعتادة بين ١ – ٤ سم .

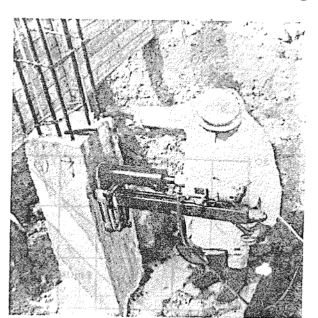
ب) تأثير اختلاف أقطار العينات على مقاومة الضغط : فى حالة ثبات ارتفاع العينة / قطرها عند الواحد الصحيح فإن مقاومة العينات بقطر ١٠ سم تزيد بحوالى ٥٪ عن مقاومة العينات بقطر أكثر من ١٠ سم أى لا تزيد عن مقاومة القلب بقطر ١٥ سم إلا فى حدود ١٠٪ وأما الأقطار أقل من ١٠ سم فتزيد مقاومتها للضغط عن مقاومة القلب الخرسانى القياسى وذلك بشرط ثبات نسبة (الارتفاع / القطر) عند الواحد الصحيح .

جـ) أثر اختلاف نسبة الارتفاع إلى القطر :

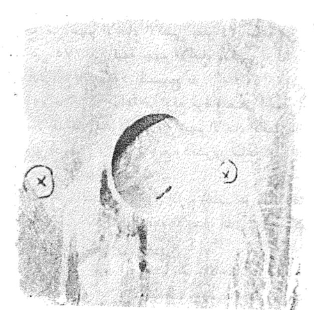
تنصح المواصفات الأمريكية أن يكون نسبة (الارتفاع / القطر) تساوى ٢ والمواصفات الألمانية تساوى واحد صحيح والمواصفات البريطانية تساوى من (١ – ٢) علماً بأن المواصفات الألمانية اختارت النسبة واحد صحيح لأن الأبحاث لديهم أثبتت أن المقاومة لضغط الإسطوانات التى نسبتها واحد صحيح تساوى تقريباً ضغط المكعب الذى يستخدم عادة فى الاختبارات القياسية لديهم ومن هنا فإنه يكون من المفيد أن تكون النسبة واحد صحيح عندما تكون مواصفات الخرسانة مبينة على اختبارات قياسية لمكعبات خرسانة ١٥ × ١٥ × ١٥ سم وذلك حتى يسهل المقارنة بين النتائج دون حاجة إلى تحويل القيم من الإسطوانة إلى المكعب .

د) أثر تجهيز العينة للاختبار : يجب أن يكون سطح العينة مستوياً ويكون عمودياً على محورها لأن عدم استواء السطح يخفض مقاومة الضغط إلى ٣٣٪ كما أن استخدام مونة الكبريت لتسوية السطح يؤدى إلى خفض مقاومة الضغط فى حالة الخرسانة عالية المقاومة وذلك عند زيادة سمك طبقة التبطين ويستحسن أن يغطى سطح العينة بمونة أسمنتية ذات مقاومة تساوى مقاومة الخرسانة تقريباً .

وتفضل المواصفات البريطانية تسوية السطح بآلة مناسبة وتوصى المواصفات الأمريكية باستخدام الجبس عالى المقاومة أو مونة الكبريت كما تسمح المواصفات الألمانية والبريطانية بتسوية سطح العينة بمونة أسمنتية أو كبريتية .



أحد الأجهزة المستعملة في إستخراج القلوب الخرسانية



ومنظر العضو بعد إستخراج القلب منه

هـ) أثر وجود أسياخ تسليح فى العينة على مقاومة الضغط:

تنص المواصفات الألمانية من أجل خفض الآثار المترتبة على وجود التسليح وعدم استعمال القلوب فى الحالات الآتية :

١) عندما تزيد نسبة حجم التسليح فى الثلث الأوسط فى ارتفاع العينة إلى حجم العينة بأكملها .

٢) عندما تزيد نسبة حجم التسليح إلى حجم العينة عن ٥٪ وعندما يكون أسياخ التسليح مع الاتجاه الذى سيتم عليه ضغط العينة .

ومن الأفضل استعمال العينة التى ليس فيها حديد وكما أن وجود أسياخ تسليح عالى المقاومة فى القلب يؤدى إلى إعاقة التمدد العرضى وخاصة عندما يكون اتجاه التسليح عمودياً على محور آلة الاختبار نظراً لارتفاع قيمة معامل مرونة الحديد أكثر من معامل مرونة الخرسانة فيؤدى ذلك إلى حدوث تشققات على طول أسياخ التسليح وذلك أثناء ضغط العينة وزيادة حمل الاختبار .

وتنص المواصفات الأمريكية على تجنب استخدام القلوب التى تحتوى على تسليح بقدر المستطاع ، كما تنص المواصفات البريطانية على حفظ مقاومة العينات التى بها أسياخ تسليح وذلك تبعاً لمقاسات القلب وأقطار أسياخ التسليح وأصغر مسافة بين التسليح وحافة العينة .

و) أثر اتجاه أخذ (حفر العينة) :

لا يوجد اختلاف كبير فى أثر اتجاه الحفر على العينة سواء كان فى اتجاه الصب أو عمودياً عليه ولكن بعض المراجع تنص على أنه هناك اختلاف واضح بين الاتجاه العمودى والأفقى إذا كانت الخرسانة ذات عمق كبير مثل الجسور والحوائط الساندة .

ز) أثر الرطوبة على العينات :

توصى المواصفات الأمريكية والبريطانية بحفظ العينات تحت الماء حوالى ٤٨ ساعة قبل إجراء عملية الاختبار وتوصى المواصفات الألمانية إلى اختبار العينات برطوبة نسبية مساوية لرطوبة الجو .

علماً بأن العينات الرطبة فى العادة تعطى مقاومة ضغط أقل من العينات الجافة وتنص بعض المراجع على أن فقدان ١٪ بالوزن من الرطوبة يرفع مقاومة الضغط بحوالى ١٠٪ وتصل إلى ٥٠٪ فى حالة نسبة الماء إلى الأسمنت **water cement ratio** تكون عالية ، ومن الأفضل اختبار العينات بالحالة الرطبة أو الجافة وذلك حسب الجو الذى يحيط بالمنشأ والتى ستؤخذ من العينة .

ح) أثر التحول الكربونى على المقاومة :

الكربنة عبارة عن تحويل أيدروكسيد الكالسيوم $Ca(oH)_2$ الذى من خصائصه انخفاض المقاومة ويتحول الأيدروكسيد إلى كربيد الكالسيوم $Ca\,C_2$ ذات المقاومة العالية – علماً بأن أثر الكربنة يكون واضحاً على سطح الخرسانة عند استخدام الطرق غير المتلفة لقياس مقاومة الضغط إلا أن الكربنة يمكن أن تؤثر على نتائج المقاومة للقلب الخرسانى إذا كان مدى الكربنة عميقاً ولتحديد عمق الكربنة الناتجة عن تفاعل هيدروكسيد الكالسيوم مع ثانى أوكسيد الكربون الموجود فى الجو وذلك برش الأجزاء المكسورة حديثاً بمحلول الفينولفتالين والذى يتغير لونه من عديم اللون فى العينات المكربنة إلى أحمر بنفسجى فى العينات الغير مكربنة وقد تم أخذ معدل القراءات على الأوجه الأربعة لكل عينة كدلالة عمق الكربنة فى العينة .

ط) أثر المكان الذى تؤخذ منه العينة :

من المعروف أن مقاومة الخرسانة تتأثر بعدة عوامل مثل نسبة الماء إلى الأسمنت واختلاف الدمك ودرجة الرطوبة والحرارة والتعشيش ومدى سمك العضو الذى سيؤخذ من العينة وكذلك مدى كربنة السطح .

ويمكن القول إن خرسانة المبنى تتأثر بعوامل كثيرة عن العوامل التى تتأثر بها العينات المختبرة .

ثانياً : اختبار تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية :

يجرى هذا الاختبار للكمرات والبلاطات والأسقف ، وتجرى اختبارات التحميل على المنشأ بعد إتمامه إذا طلب ذلك فى مواصفات العملية أو إذا كان هناك سبب يدعو إلى الشك بعد إتمامه إذا طلب ذلك فى المواصفات العملية أو من حيث متانته ولا يجوز عمل هذه الاختبارات قبل انتهاء ستة أسابيع من ابتداء التصلد للخرسانة وفى هذه الاختبارات يتم أخذ القراءات

الأساسية لسهم الانحناء قبل إجراء التحميل مباشرة ثم يعرض جزء المنشأ المراد اختباره لحمل مقداره مرة ونصف الحمل الحى المنصوص عليه فى التصميم بالإضافة إلى حمل مكافىء لجميع الأحمال الميتة فى صورتها النهائية (من أرضيات وقواطيع ....الخ) وذلك على أربعة مراحل متساوية تقريباً مع مراعاة عدم حدوث أى صدمات أثناء التحميل ثم تأخذ القراءات سهم الانحناء وعروض الشروخ بعد ٢٤ ساعة من رفع حمل الاختبار .

ويجب وضع قوائم مثبتة وبالعدد الكافى قبل البدء فى الاختبار لتتحمل الحمل بأكمله ويراعى وضعها بطريقة تسمح بترك فراغ تحت أعضاء المنشأ موضوع الاختبار يسمح بحدوث الانحناء المتوقع .

– يعتبر المنشأ قد استوفى شروط الأمان إذا تحقق ما يلى :

أ) إذا كانت أكبر قيمة لسهم الانحناء S max فى العنصر المختبر أقل من أو تساوى

معادلة رقم (١) $S_{max} \leq L_t^2 / 2.5\ t$ cm .

حيث L_t = هو بحر العنصر المختبر مقاساً بالمتر ويكون البحر الأصغر فى حالة البلاطات اللاكمرية أو البلاطات ذات الاتجاهين ، أما فى حالة الكوابيل فتؤخذ ضعف المسافة من وجه الركيزة حتى نهاية الكابولى .

t = سمك العنصر مقاساً بالسنتيميتر .

ب) فى حالة إذا ما زاد سهم الانحناء الأقصى S max للعنصر عن ما هو وارد بالمعادلة (١) فيجب أن لا يقل الجزء المسترجع من سهم الانحناء الأقصى بعد ٢٤ ساعة من رفع الحمل عن ٧٥٪ من قيمة سهم الانحناء الأقصى وأن يكون عرض الشروخ فى حدود المسموح به .

– وفى خلال ٢٤ ساعة من رفع مرة ونصف الحمل الحى إذا لم يسترجع ٧٥٪ على الأقل من سهم الانحناء الأقصى الذى سجل بعد التحميل فى مدة الأربع والعشرين ساعة يجب إعادة الاختبار بنفس الطريقة السابقة .

– يعتبر جزء المنشأ غير مقبول إذا لم يختلف على الأقل ٧٥٪ من سهم الانحناء الذى ظهر أثناء الاختبار الثانى أو إذا كانت عروض الشروخ أكبر من المسموح به .

وإذا ظهر على جزء من المنشأ أثناء الاختبار أو بعد رفع الحمل أية علامة من علامات الضعف أو سهم انحناء غير منتظر أو خطأ فى طريقة الانشاء وجب على المصمم اتباع الحلول التالية :

– وضع ركائز إضافية إن أمكن .

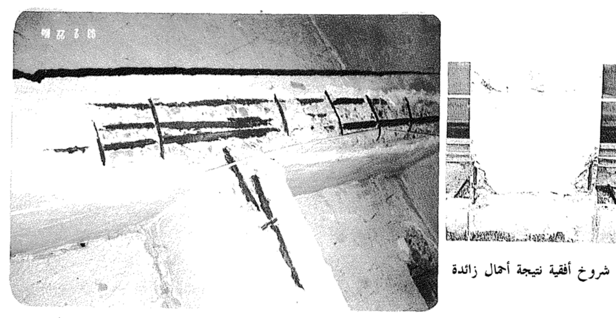
– عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الحية وتحسين توزيع الأحمال وتعديل ترتيب الأحمال المركزة .

– عمل التخفيض الممكن فى الأحمال الميتة .

– عمل التخفيض الممكن للتأثير الديناميكى إن وجد .

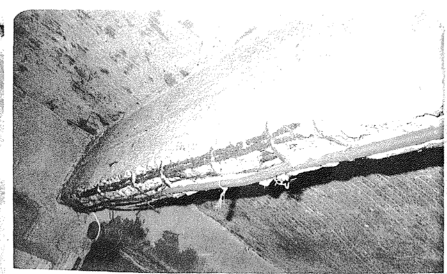
– ويعتبر المنشأ غير صالح للاستعمال للغرض المقصود أصلاً إذا كانت جميع هذه الإجراءات لا تزال غير كافية .

– والعناصر غير المعرضة لعزوم انحناء بصفة أساسية فيتم تقييم أمانها عن طريق التحليل الإنشائى ولا يجوز إجراء اختبار تحميل



شروخ أفقية نتيجة أحمال زائدة

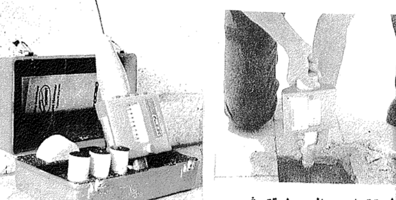
صدأ فى الحديد تسبب فى سقوط الغطاء الخرسانى نتيجة وصول المياه للحديد



تساقط الخرسانة بسبب ضعف أجزاء المونة



تهتك فى المبانى نظراً لسوء تنفيذ الأعمال الصحية
وسقوط الغطاء الخرسانى وصدأ الحديد



طريقة استعمال مطرقة شميدت
فى وضع رأسى

مطرقة شميدت لمقياس جهد الخرسانة



مواد الإضافة وخرسانة الترميم ومواد اللصق

الفصل الأول
مواد الإضافة

– خواص وأنواع مواد الإضافة للخرسانة :

إن التقدم العمرانى الجديد فى مجال المعدات والطرق الحديثة كان له خط موازى آخر وهو خط التحسين فى مزايا وخواص الخرسانة حتى تساعد هذه الأساليب الحديثة . ونتيجة لذلك قامت كثير من الشركات المتخصصة فى إنتاج مواد وكيماويات البناء فى إنتاج مواد الإضافة للخرسانة لكى تحل جميع مشاكل الخرسانة وتحسن من نوعيتها وتسرع بالإنتاج والكفاءة المطلوبة . فمثلاً فى مجال الإضافات توجد مواد ملينة للخرسانة ، ومواد تؤخر الشك ، ومواد تعجل فى الشك لكى تعطى أكبر جهد مطلوب .

أنواع مواد الإضافة وخصائصها

١ – المواد الإضافية المساعدة على تقليل كمية الماء :

هى مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد . وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494)

٢ – المواد الإضافية المؤخرة لزمن الشك :

هى مواد تعمل على تأخير زمن شك الخرسانة ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494)

٣ – المواد الإضافية المسرعة لزمن الشك :

هى مواد تعمل على إسراع شك الخرسانة والتبكير فى إنماء مقاومتها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494) .

٤ – المواد الإضافية المقللة للماء والمؤخرة لزمن الشك :

هى مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد وتعمل كذلك على تأخير زمن شك الخرسانة ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494) .

٥ – المواد الإضافية المقللة للماء والمسرعة لزمن الشك :

هى مواد تعمل على تقليل كمية ماء الخلط اللازمة لإنتاج خرسانة ذات قوام محدد وتعمل كذلك على إسراع شك الخرسانة والتبكير فى إنماء مقاومتها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 494) .

٦ – المواد الإضافية الحابسة للهواء :

هى مواد تضاف إلى الخلطة الخرسانية قبل أو أثناء عملية خلطها تعمل على حبس الهواء داخلها ، وتكون مطابقة للمواصفة الأمريكية (A.S.T.M C 260) .

٧ – مواد إضافية أخرى :

يتوجب اختبار جميع أنواع المواد الإضافية الأخرى سواء المذكورة أو غير المذكورة طبقاً لمتطلبات الجهة المشرفة ، ومنها على سبيل المثال :

- البوزولانا .
- مشكلات الغاز .
- عامل مساعد على منع الرطوبة .
- عامل مساعد على منع تسرب المياه .
- عوامل مساعدة على ضخ الخرسانة .
- ملدنات قوية .
- عوامل مساعدة على التماسك .
- عوامل مساعدة على الترويب .

التوريد والتخزين

أولاً – التوريد :

١ – النقل :

تنقل المواد الإضافية داخل أكياس أو حاويات مناسبة للغرض .

٢ – التعبئة والعلامة :

يتوجب بيان اسم المادة الإضافية ونوعها حسب ما هو محدد فى هذه المواصفات وكذلك الوزن أو الحجم الصافى داخل الأكياس أو فى الحاويات عند شحنها أو توريدها إلى الموقع .

ثانياً : التخزين :

١ - عام :

تخزن الإرساليات المختلفة من المواد الإضافية داخل مخازن خاصة لحمايتها من الرطوبة وأشعة الشمس والحرارة والتجمد وتخزن بطريقة يسهل معها الوصول إليها لأغراض القيام بأعمال التفتيش أو التعرف على الإرساليات المختلفة .

وتكون جميع الإرساليات الموردة إلى الموقع مصحوبة بشهادة تبين اسم الصانع والاسم التجارى والنوع وتاريخ الصنع بالإضافة إلى شهادة المطابقة للمواصفات ذات الصلة .

٢ - المواد الإضافية السائلة :

تخزن داخل خزانات أو أسطوانات عازلة للماء ومحمية ضد التجمد .

٣ - المواد الإضافية على شكل مساحيق :

يعتبر من الأفضل تحويلها إلى سوائل ويتم حلها داخل خزانات أو أسطوانات خاصة للمزج أو الخلط .

فيما عدا ذلك تخزن المساحيق بنفس طريقة تخزين المواد الأسمنتية .

هذا ويمكن الرجوع إلى تقرير جمعية معهد الخرسانة الأمريكى رقم (٢١٢) للحصول على المعلومات المفصلة لعملية التوريد والتخزين « دليل استعمال المواد الإضافية فى الخرسانة » .

ضبط الجودة

أولاً - المواصفات القياسية :

تجرى اختبارات ضبط جودة المواد الإضافية الرئيسية والمبينة فى المواصفات الأمريكية (A.S.T.M C494) (A.S.T.M C260) على التوالى . ويتم اختبارها جميعاً حسب توصيات الصانع أو أية توصيات مقبولة .

ثانياً - الاختبارات المطلوبة :

١ - اختبارات القبول :

يكتفى بشهادة الصانع إذا كانت المواد الإضافية المستعملة من نفس النوع ومن إنتاج الصانع وفيما عدا ذلك يتم إجراء اختبارات القبول باستخدام الخلطات التجريبية لبيان تأثير المواد الإضافية المستعملة على الخواص التالية للخرسانة :

- كمية الماء .
- القوام .
- محتوى الهواء .
- زمن الشك .
- مقاومة الضغط .
- مقاومة الانحناء (إذا طلبت) .
- تغير الطول .
- معامل التعمير (إذا كان له علاقة) .
- النزف (فقط فى حالة استخدام مواد إضافية حابسة للهواء) .
- تأثير الجرعات الأقل والأكثر .

٢ - الاختبارات الدورية :

تعتبر الاختبارات الدورية غير ضرورية فى الحالات الاعتيادية ، هذا ويمكن إجراء الاختبارات الدورية حسب طلب الجهة المشرفة للتأكد من صلاحية المواد الإضافية بسبب عمرها أو تخزينها بطريقة غير صحيحة . وتجرى هذه الاختبارات فقط على المواد الإضافية التى سبق اختبارها لأغراض القبول .

وهناك أنواع كثيرة من مواد الإضافة استعملت فى مصر وثبتت صلاحيتها ، وهى من إنتاج شركة هوكست وشركة سيكا وعدة شركات أخرى تختلف فيها الأسماء التجارية ولكنها تتفق فى المواصفات القياسية الأمريكية التى نسبت إليها . وسنشرح مختصراً لبعض المواصفات القياسية الأمريكية لهذه الأغراض وهى كالتالى :

American society for testing and material (A.S.T.M)

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M.- C- 494 Type-A) لخلطة الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل نسبة الماء ..

الاستخدام :

ملدن للخرسانة ويمكن استخدامه بنطاق واسع من الجرعات أى يمكن استخدام كميات متفاوتة منه .

ويستخدم إذا كان المراد :

١ - نوعية جيدة من الخرسانة .
٢ - تحسين قابلية التشغيل (Workability) .
٣ - سطح خرسانى من نوع ممتاز .
٤ - الاستخدام فى الأماكن الصعبة .
٥ - خرسانة عالية التماسك .

يستعمل هذا النوع فى المبانى المدنية الإنشائية والمبانى سابقة التجهيز ، والمبانى الصناعية .

الصفات الرئيسية والمميزات لهذا النوع :

١ - أساسه مادة (Lignosulphonate) المطورة .
٢ - غير سام ، وغير قابل للاشتعال ، ولا يحتوى على أى نسبة من الكلوريدات ولا يؤثر فى المعدات المستخدمة فى الصب وأجزائها .

٣ – سائل بنى كثافته النوعية من ١,١١ إلى ١,٢ كجم/لتر.
٤ – يحسن قابلية التشغيل مع تقليل نسبة الماء .
٥ – يحسن الجهد للخرسانة عند التشغيل الجيد مع تقليل نسبة الماء .
٦ – يعطى وقت جفاف عادى عند استخدام الجرعة المحددة .
٧ – يقلل من الانكماش أو الـ (Creap) التشققات الشعرية .

التطبيق :

الجرعة :

تستخدم هذه المادة بنسبة من ٠,٣٪ إلى ٠,٥٪ من وزن الأسمنت وحوالى ٠,١٢ إلى ٠,٢١ لتر كل ٥٠ كجم أسمنت علماً بأن التأثير العادى يأتى باستخدام ٠,٣٪ ويمكن التحسين بزيادة الجرعة وذلك يسهل استخدام الخرسانة .

الخلط :

تضاف المادة من هذا النوع إلى كمية الماء المحسوبة وتقلب ، ثم تضاف إلى خلطة الخرسانة الجافة .

ملاحظات : استخدام جرعة زيادة من هذه المادة يسبب زيادة زمن الشك الابتدائى .

أما عن التخزين والتغليف يرجع إلى الشركة الصانعة لهذه المادة وينصح بأن تخزن فى درجة حرارة ٥٠° .

مختصر المواصفات الأمريكية (A.S.T.M C494 Type B +D)

خلطة الخرسانة :

هذا النوع يستخدم فى تأخير زمن الشك وتقليل نسبة الماء ..

الاستخدام :

١ – عامل ملدن للخرسانة عالية الجودة لتحسين قابلية التشغيل وخصوصاً عند مواجهة ظروف صعبة عند وضع الخرسانة أو فى الأعضاء الضيقة للخرسانة أو الخرسانة التى نسبة تسليحها عالى وللحصول على خرسانة كثيفة .

٢ – تقليل نسبة الماء لنحصل على إجهاد عالى للخرسانة ولتقليل الانكماش والانزلاق فى (Prestressed Concrete) .

٣ – عامل مؤخر للاحتفاظ بقابلية التشغيل ليمتد الوقت بين زمن الخلط وزمن الصب فى الجو الحار لتكون جاهزة للصب بواسطة (Pump - concrete) فى تشكيل (Slip form) والمبانى القشرية .

٤ – عامل مؤخر وموفر للأسمنت فى الصبات للخرسانة الضخمة (الكتل) لتقليل خطر التشقق الحرارى بسبب حرارة المدرجة المركزة (Concentrated heat of hydration) .

الخواص والمزايا الرئيسية :

الشكل واللون : سائل بنى .
الكثافة : ١,١ كجم / لتر .
خالى من الكلوريدات : ولا يؤثر فى الأجهزة والمعدات وغير قابل للاشتعال .

التأثيرات على الخرسانة :

يجب أن تكون المادة الناتجة من هذه المواصفات لها التأثير الملدن لمياه الخلط لتحقيق الآتى :

ـــ تحسين قابلية التشغيل بدون زيادة فى الماء .
ـــ أو تقليل المياه بحيث لا تؤثر على قابلية التشغيل .
ـــ أو توفير أسمنت بحيث لا يؤثر على قابلية التشغيل أو فقد فى إجهادات الخرسانة .
ـــ إطالة وقت شك الخرسانة فى درجات حرارة عالية وفى نفس الوقت زيادة معدل التقليب قبل الشك ولا تدخل كمية متزايدة من الهواء ولا حتى فى إجمالى الجرعة الزائدة .
ـــ معدلات الجرعة ما بين ٠,٢٪ إلى ٠,٥٪ من وزن الأسمنت أو ٠,٠٩ إلى ٠,٢٣٪ لتر / ٥٠ كجم أسمنت ويعطى سماحاً أكثر من ٠,٥٪ عند الاختبارات التمهيدية الضرورية .

الجرعة المطلوبة لتحقيق تأخر زمن معين يعتمد على جودة الأسمنت ونسبة (W/C) ودرجة الحرارة وتأخير الشك فى درجات الحرارة العالية أيضاً .

ـــ يجب اتباع القواعد العامة لصب الخرسانة الجيدة وبصورة خاصة يجب استخدام نوع كثيف من الشدات الخشبية بحيث لا يمتص المادة المضافة ويجب التأكد من معالجة رطبة كافية (Curing) .

أما عن التغليف أو التخزين يجب اتباع تعليمات الجهة المنتجة التى تصلح للمواصفات عاليه .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C- 494- Type (A + D) لخلط الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل نسبة الماء وتأخير زمن الشك عند الخلط .

هذه المواصفات عندما يكون مطلوب ملدن للخرسانة ومؤخر لزمن الشك فى حالة طلب خرسانة عالية الجودة وفى ظروف صعبة مثل :

ـــ ارتفاع درجة الحرارة .
ـــ خرسانة ذات وجه أملس .
ـــ خرسانة جاهزة الخلط .

ـ ظروف صب صعبة .
ـ مسافات نقل أطول .

الخصائص والمزايا الرئيسية لهذه المادة :

ـ تحكم دائم فى انخفاض الـ (Slumb) مع درجة حرارة عالية للخرسانة .
ـ زيادة زمن الشك فى الطقس الحار .
ـ تصلب سريع بعد الشك .
ـ مياه أقل بدون فقد قابلية التشغيل .
ـ زيادة جهد الخرسانة .
ـ تقليل الانكماش والشروخ الغير مرئية .
ـ عدم وجود كلوريد بحيث لا يتأثر تسليح الخرسانة .

التطبيق :

الجرعة :

يجب أن تكون الجرعة من هذه المادة من ٠,٢٪ ، ٠,٨٪ من وزن الأسمنت ، وينصح بعمل عدة تجارب على عدة خلطات لإيجاد معدل الجرعة الصحيحة .

ملاحظات :

يجب أن يراعى الملاحظة الدقيقة للقواعد العامة والمعروفة لصب الخرسانة الصحيح ذات الأهمية ، ويجب أن يستعمل الأسمنت البورتلاندى .

وعندما تحدث زيادة عفوية للجرعة ويزيد تأثير الشك لهذه المادة بحيث لا تسمح بدخول الهواء ، وهذا النوع Modified) Lignosulphonate) بنى اللون كثافته حوالى ١,٠٩ كجم / لتر . أما عن التخزين والتغليف فينصح بتنفيذ تعليمات الشركة المنتجة .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C- 494 Type F)

خلط الخرسانة :

هذا النوع يستخدم لتقليل المياه بمعدل عالى ..

الاستخدام :

يستخدم هذا النوع كعامل مقلل للمياه عالى التأثير وكملدن متفوق لإنتاج خرسانة ذات جودة عالية فى الطقس الحار .

عمل هذه المادة مزدوج يزيد التصلب السريع للإجهادات المبكرة والنهائية وكمادة ملدنة تساعد على تدفق الخرسانة فى :

ـ البلاطات والأساسات .
ـ الحوائط والأعمدة .
ـ الإنشاءات الأسطوانية الرقيقة ذات التسليح العالى المدموك بكثافة عالية .
ـ الأعتاب والأسقف .

وكعامل أساسى فهذه المادة تقلل المياه حيث يكون مطلوب عملها مزدوجاً للإجهادات المبكرة والنهائية للخرسانة مثل :

ـ إنشاءات خرسانية سابقة الإجهاد :
(Prestressed- Concrete)
ـ عناصر خرسانية منتجة فى مصانع سابقة الصب حيث تكون فى حاجة إلى سرعة التصلب فى القالب ومطلوب تحميل هذه الأجزاء بسرعة .
ـ الكبارى والأبراج .

المزايا والخصائص الرئيسية :

هذه المادة لها الخصائص التالية :

ـ تحسن جوهرى فى قابلية التشغيل بدون مياه زائدة .
ـ شك عادى بدون تأخير .
ـ تصلب سريع بعد الشك .
ـ زيادة كبيرة للإجهادات الأولى والنهائية .
ـ مناسب بصورة خاصة لرش الماء للتندية (Curing) فى درجات الحرارة المرتفعة .
ـ إنهاء سطح محسن .
ـ مقلل للانكماش والشروخ الشعرية .
ـ يجب أن تكون خالية من الكلوريدات لكى لا تهاجم حديد التسليح .

التطبيق :

الجرعة :

ما بين ٠,٦٪ ، ٢,٥٪ من وزن الأسمنت ، وننصح بتنفيذ خلطات تجربة لإيجاد معدل الجرعة المطلوب ، ويستحسن إضافته للماء قبل إضافته للخلط الجاف مع ملاحظات القواعد العامة والمعروفة لصب الخرسانة الصحيح ذات الأهمية .

وينتج عن الزيادة العفوية للجرعة إطالة وقت الشك الابتدائى ، ومع ذلك لن تدخل كمية زائدة من الهواء الإضافى ويجب أن تكون هذه المادة ملائمة للأسمنت البورتلاندى ويستحسن أن تكون من (Polymer type Dispersion) .

أما عن التغليف والتخزين فيرجع للشركة المنتجة .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C- 494 Type G)

خلط الخرسانة :

هذا النوع مقلل للمياه بنسبة عالية مع تأخير زمن الشك ..

الاستخدام :

كملدن متفوق كبير الأثر مع تأثير فى تأخير الشك لإنتاج خرسانة حرة التدفق فى المناخ الحار وأيضاً عامل تقليل المياه جوهرى لزيادة الجهد فى زمن أقل .

المزايا والخصائص الرئيسية :

كملدن : تحسن جوهرى فى قابلية التشغيل بدون مياه زائدة أو خطورة الفصل وتحكم دائم فى فقدان الـ (Slump) وعدم وجود أثر عكسى على الجهد النهائى .

كمقلل للمياه : زيادة كبيرة فى الإجهادات فى الأيام الأولى تصل إلى أعلى جهد فى الأيام الأخيرة ، أى الجهد الذى تصل إليه الخرسانة فى سبعة أيام تساوى الجهد فى ٢٨ يوماً بإضافة هذه المادة .

- تقليل المياه حتى ٢٠٪ .
- مناسبة للطقس الحار بصورة خاصة .
- لا تحدث هواء زايد (فقاقيع شعرية) .
- لا تأثير انكماش مضاد .
- إنهاء سطح أفضل .
- زيادة فى (Water tightness) .

التطبيق :

الجرعة :

يستحسن أن تكون الجرعة ٠,٨٪ - ٢,٥٪ نسبة المواد المضافة إلى الأسمنت والأحسن أن تعتمد معدلات الجرعة الصحيحة على مكونات الخلطة ونوعية الأسمنت والزلط والرمل ونسبة المياه (W/C) ودرجة الحرارة ، لذلك ننصح بعمل خلطات للتجارب وتكون ملائمة للأسمنت البورتلاندى .

توزيع المادة :

تضاف هذه المادة بصورة منفصلة إلى خرسانة حديثة الخلط أو مباشرة إلى ماء الخلط قبل إضافته إلى حبيبات الزلط والرمل وعند إضافتها منفصلة إلى خرسانة حديثة الخلط يجب أن يحدث خلط أكثر لمدة دقيقة على الأقل لكل متر مكعب أكبر من الزمن المعتاد .

التخزين :

نوع التخزين والتغليف يرجع إلى اشتراطات كل شركة حسب إنتاجها للمادة .

مختصر للمواصفات الأمريكية (A.S.T.M C- 494 Type B)

خلط الخرسانة :

هذا النوع مادة مؤخرة للشك مع وجود مادة ملدنة متوسطة التأثير ..

الاستخدام :

تستخدم للنوعيات عالية الجودة من الخرسانة حيث :

١ - التحكم فى إطالة زمن العمل .

٢ - وضع كميات كبيرة من الخرسانة المتجانسة .

٣ - الوصلات باردة نتيجة التوقف أثناء الليل أو التوقف مرات متكررة لتعقيدات فى الشدة الخرسانية .

٤ - يكون المطلوب تفادى الشروخ نتيجة ثقل أو تغيير فى الشدة .

٥ - سرعة التصلد بعد الشك وكذلك إجهادات عالية للخرسانة .

٦ - حدوث اهتزازات بعد الصب للشدة لأى ظرف من الظروف

الصفات الرئيسية والمميزات :

- أساسه مادة الفوسفات المطورة Modified Phosphats وغير قابل للاشتعال ولا يحتوى على أى نسبة من الكلوريد ولا يؤثر فى الأجهزة المستخدمة .
- سائل أصفر فاتح ذو كثافة نوعية ١,١٥ كجم / لتر وهو يعطى بعض الصفات مثل :

١ - يلدن الخرسانة الحديثة .

٢ - يؤخر الشك تبعاً للجرعة المستخدمة .

٣ - يعجل من عملية التصلد فور بدأ الشك .

٤ - لا يسمح بدخول هواء للخرسانة .

٥ - زيادة الإجهادات للخرسانة بدون تغير فى قابلية التشغيل .

٦ - يزيد التصاق الخرسانة إلى الحديد المسلح ويقلل من الشروخ الشعرية .

التطبيق :

- الجرعة تتراوح من ٠,٣٪ إلى ٣٪ من نسبة وزن الأسمنت أو ٠,١٣٪ إلى ١,٣٪ لتر / ٥٠ كجم أسمنت .
- الجرعة الصحيحة تحدد التأخير المطلوب والذى يمكن أن تتغير بتغير درجات الحرارة ونوعية الأسمنت ونسبة الأسمنت إلى الماء ، لذلك يجب عمل تجارب أولية حسب الحالة المحيطة بالعمل .

الخلط :

إما أن يضاف مع الماء ويقلب منفرداً أو يوضع مع الماء مباشرة فى الخلاط .

- يفضل استخدام شدات غير ماصة وغير منفذة للماء وإذا استخدمت الشدات العادية فيجب الرش لعدة أيام أو يمكن المعالجة باستخدام دهان مناسب للشدات حسب نوع الشدة .

ملحوظة : يجب عدم استخدام هذه المادة مع مضادات التجمد ويرجع إلى مواصفات الشركة المنتجة من ناحية التخزين والتغليف ودرجات الحرارة المطلوبة للتخزين .

الفصل الثانى
أعمال الترميم

أولاً : الخرسانة الخاصة بأعمال الترميم :

المقصود بالخرسانة الخاصة هو إنتاج خرسانة ذات خواص معينة تناسب متطلبات أعمال الترميم والتقوية وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١) مقاومة عالية للانضغاط .
٢) مقاومة نسبة قليلة من الانكماش .
٣) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة كميات المياه المستعملة فى الخلط .

وتنتج هذه الخرسانة عادة باتباع الخطوات التالية .

١) استعمال نسبة عالية من الأسمنت تصل إلى ٥٠٠ كجم / م٣ .
٢) الاهتمام بباقى العناصر اللازمة لإنتاج خرسانة جيدة مثل استعمال ركام نظيف متدرج ونسبة مياه منخفضة والخلط والدمك الميكانيكى والمعالجة الكافية بعد الصب .
٣) استعمال إضافات خرسانية concrete admixture بكميات ونوعيات مناسبة ويصلح لهذا النوع المواد التى تعمل على تقليل كمية الماء للخلطة اللازمة لإنتاج الخرسانة ذات قوام محدود وتكون مطابقة للمواصفات الأمريكية A.S.T.M-C-494 Type A والتى تعطى مميزات كما سبق ذكره وكما وصفت هذه المادة للاستعمال وتستخدم هذه المادة بنسبة من ٠,٣٪ إلى ٠,٥٪ من وزن الأسمنت وحوالى من ١٢ إلى ٢١ لتر لكل ٥٠ كجم أسمنت (يرجع إلى مواصفة أى مادة بباب مواد الإضافة عن أى مواصفة سنذكرها فيما بعد) هذا بالإضافة إذا لزم تأخير زمن الشك وتوفير كمية الأسمنت ورفع قوة تماسك مكونات الخرسانة ورفع مقاومتها للكيماويات وتستخدم المواد التى تعتمد على مادة ليجنو سلفانات والتى تختلف فى نوع الكاتيون ودرجة السلفنة ومتوسط حجم الجزئيات .

ثانياً : الخرسانة البولمرية الأسمنتية :

تتكون الخرسانة البولمرية الأسمنتية من مكونات الخرسانة العادية بالإضافة إلى مستحلبات المواد البولمرية .

ويعتبر الراتنج المضاف إلى ماء الخلط لتحسين خواص محددة للخلطة الخرسانية فى حالتيها الطازجة والمتصلدة والراتنج المضاف يتكون من عبوتين أحدهما يحتوى على المونومور والآخر المصلد اللازم للتفاعل الكيميائى وهذا بخلاف الإيبوكسى وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١) مقاومة عالية للانضغاط .
٢) قابلية عالية للتشغيل بدون زيادة مياه الخلط .
٣) درجة مرونة عالية Elasticity لتفادى الشروخ الناتجة عن الانكماش .
٤) قابلية عالية للالتصاق مع الخرسانات القديمة .
٥) مقاومة عالية للمياه والمواد الكيماوية .

ومن الجدير بالذكر أن العلماء الروس توصلوا إلى خرسانة أسمنتية بوليمرية عالية الجودة بإدماج فورفريل furfryl alcohol وهيدركلوريد الإيثيلين وهذه الخرسانة لها خاصية مقاومة عالية للصدأ ومعدومة الانكماش وذات مسامية منخفضة وقد استخدام العلماء الأمريكان راتنج الإيبوكسى كإضافة للخرسانة ومن المونومرات الشائعة الاستعمال كإضافة للخرسانة هى ڤينيل الأسيتات vinyle acetates ، ڤينيل البروبينات Acatate of vinyle meleate، الأكريلات Acrylates، الإيبوكسيات Epoxy، مستحلبات البيتومين Bitumin emulsion ، المطاط Rubber .

ثالثاً : الخرسانة البولمرية :

تتكون الخرسانة البولمرية من المواد التالية :

١) المواد البولمرية السائلة مثل مواد الإيبوكسى epoxy resin والبولى إيستر polyester resin ، فينول فورمالدهايد ، وفورال أسيتون .
٢) المواد المالئة من الركام الطبيعى المتدرج .
٣) المواد الناعمة مثل الأسمنت أو الكوارتز الناعم علماً بأن الأسمنت مادة مالئة فقط وليس لتحسين الإجهاد ، وتورد المواد البولمرية على هيئة مركبين سائلين . ويتم إنتاج هذه الخرسانة بخلط مركبى المواد البولمرية جيداً ثم خلط المواد المالئة مع المواد الناعمة ثم خلطها مع مركبى المواد البولمرية ويجب استعمال معدات ميكانيكية لخلط الخرسانة البولمرية ولمدة لا تقل عن خمسة دقائق .

وتختلف نسب خلط مكونات الخرسانة البولمرية طبقاً للخواص المطلوبة وذلك فى حدود النسب التالية :

١) المواد الناعمة حوالى ١٠٪ إلى ٣٠٪ من المواد المالئة .
٢) نسبة المواد البولمرية إلى المواد الصلبة من ١:٣ إلى ١:٨

وتتميز هذه الخرسانة بالخواص التالية :

١) مقاومة عالية للانضغاط تصل إلى ١٠٠٠ كجم /سم٢ .
٢) مقاومة عالية الشد تصل إلى ٢٠٠ كجم /سم٢ ؛
٣) مقاومة عالية للانحناء تصل إلى ٤٠٠ كجم /سم٢ .
٤) معامل مرونة منخفض .
٥) نسبة فراغات قليلة تصل إلى ٢٪ بالحجم .
٦) قوة التصاق عالية تزيد عن مقاومة الشد للخرسانة العادية .
٧) معامل انكماش منخفض .

٨) قوة ذاتية للسيولة .

ومن العيوب الرئيسية للمونة البولمرية صعوبة تشغيلها ، حيث تحتاج إلى عمالة فنية متخصصة وكذا ارتفاع أسعار المواد البولمرية ومن صفات هذه الخرسانة أنها أقل جودة من الخرسانة الأسمنتية المغلغة بالبولمرات وتستعمل هذه الخرسانة فى عمل طبقة حماية لأسطح الكبارى والمصانع والخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد وإصلاح الأرضيات الخرسانية التى حدث بها شروخ نتيجة الانكماش والحرارة أو الاهتزازات ولصق الخرسانة الحديثة والقديمة أو الوحدات سابقة الصب وكذلك تماسك الخرسانة مع المعادن كطريقة للتسليح الخارجى أو تكون قطاعات خرسانية مسلحة ذات مطولية جيدة وامتصاص الصدمات .

رابعاً : الخرسانة البولمرية والمشبعة (المغلغلة كلياً :

لتعريف مواد البلمرة هى مواد تمتاز بأنها مواد ذات وزن جزيئى مرتفع تبلغ مئات الألوف ويطلق على الجزىء الواحد منها اسم المونومر (monomor) أما كلمة بوليمر (polymer) فتعنى متعدد الجزئيات وينتج باتصال المونمرات مع بعضها على هيئة سلسلة طويلة أو ذات تفرعات ويتم الاتصال فى الأبعاد الفراغية cross linking وإذا حدث اتحاد بين الجزئيات ينتج البوليمر من اشتراك مونومرات مختلفة لإكساب البوليمر الناتج صفات معينة فيسمى البوليمر المتشارك copolymer أما إذا نتج اتحاد الجزئيات من نفس النوع سمى البوليمر الناتج بالبوليمر المتشابه homopolymer ومن الأنواع الشائعة لهذه الراتنجات هى راتنج الأكريليك acrylics وراتنج بولى إستر polyester وراتنج فينيل أسيتات وراتنج فينيل كلوريد .

ولتعريف الخرسانة المغلغلة كلياً فهذا النوع يستخدم لمقاومة درجات الحرارة العالية حتى ١٤٣° مع التعرض إلى الماء المالح أو المقطر وهذه الخرسانة المشبعة أو المغلغلة بالبلويمرات هى خرسانة أسمنتية متصلدة سابقة الصب ثم يتم غلغلتها بواسطة المونومرات ذات لزوجة منخفضة ثم تتم البلمرة لهذه المونومورات بعد ذلك وهى داخل الخرسانة ولتنشيط عملية البلمرة للمونومرات إما بالإشعاع radiation أو بالحرارة بطريقة thermal catalytic method والمونومرات التى تستخدم هى الميثيل ميثا كريلات methyl methacrylate M.M.A ، الكلورستيرين chlorostyrene والاكريلونيتريل acrylonitrile وأغلب الأبحاث تمت باستخدام الميثيل ميثاكريلات (M M A) ومركب البولى إستر والإستيرين ، وهناك تركيبتان من المونومرات تستعمل على نطاق واسع إحداهما تركيبة من الميثيل ميثاكريلات وثلاثى ميثيل أولبرفين ، وثلاثى ميثيل الأكريلات بنسبة (٧٠ - ٣٠٪) والثانية تركيبة من السترين وثلاثى ميثيل أولبروفين ثلاثى ميثيل الأكريلات بنسبة (٦٠ - ٤٠٪) ويتم بدأ تنشيط عملية البلمرة لهذه المونومرات إما بالإشعاع أو بالحرارة .

خامساً : الخرسانة المسلحة بالألياف :

Fiber reinforced concrete

تتكون خرسانة الألياف من المواد التالية :

١) مكونات الخرسانة العادية مع نسب عالية من الأسمنت ٣٨٠ كجم وكمية المياه ٧١ لتر/م^3 .

٢) ألياف الصلب أو ألياف الفيبر جلاس من ٢ إلى ٦٪ من وزن الخرسانة .

٣) إضافات زيادة السيولة فائقة الجودة **super plasticizer** بنسبة ٣٪ إلى ٥٪ من وزن الأسمنت أو من ١٢٪ إلى ٢١٪ لتر لكل ٥٠ كجم أسمنت من المادة التى تخضع إلى المواصفات الأمريكية **A.S.T.M-C-494 Type A** .

الخرسانة المسلحة بالألياف



وتتميز هذه النوعية من الخرسانة بالخواص التالية :

١) زيادة مقاومة الانحناء بنسبة تصل إلى ٨٠٪ .

٢) زيادة مقاومة الشد بنسبة تصل إلى ١٠٠٪ .

٣) زيادة المقاومة المبكرة بنسبة تصل إلى ٥٠٪ .

٤) زيادة المقاومة للصدمات بنسبة تصل إلى ٢٠٠٠٪ .

٥) تقليل مقدار الانبعاج للكمرات .

٦) تقليل الشروخ الناتجة عن الانكماش .

وتستعمل خرسانة الألياف فى الأغراض التالية :

١) ملء الشروخ فى الوحدات الخرسانية .

٢) إعادة ترميم الطرق وممرات الطائرات وأرضيات المصانع .

٣) الطبقات الخرسانية المعرضة للبرى .

٤) قمصان الأعمدة الخرسانية .

٥) تغليف الأعمدة الحديدية بغرض وقايتها من العوامل الخارجية .

٦) الأساسات المعرضة للاهتزازات وللأحمال المتحركة .

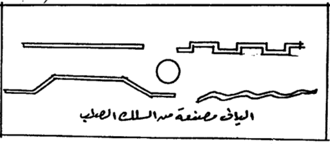
٧) الأبنية والمنشآت الحربية .

وتختلف نسبة الألياف المستعملة طبقاً لنوعية الألياف المستعملة والخواص المطلوبة ، وتتراوح نسبة الألياف بين ١٪ إلى ٦٪ من وزن الخرسانة .

أما عن أنواع الألياف فتتلخص فى التالى :

١) الألياف المصنعة من سلك الصلب :

وتصنع هذه الألياف بواسطة تقطيع سلك الصلب المستديرة ، وعيوب هذا النوع وجود آثار من الشحومات والزيوت المتبقية أثناء عملية التصنيع مما يقلل تماسك هذه الألياف مع الخرسانة وتبلغ مقاومة الشد لهذا النوع من ٨٠٠ إلى ١٠٠٠ نيوتن/م٢ .



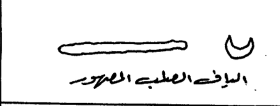
٢) الألياف المصنعة بطريقة القص :

وتنتج هذه الألياف بطريقة القص وتبلغ مقاومة الشد من ٥٠٠ إلى ١٠٠٠ نيوتن/م٢ ولها نفس عيوب الألياف المصنعة من سلك الصلب .

الياف مصنعة بطريقة القص

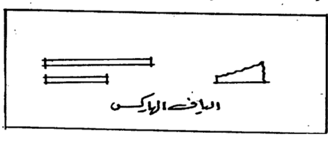
٣) ألياف الصلب المصهور :

تنتج هذه الألياف من الحديد المصهور بطريقة القوة الطاردة المركزية وتتوقف شدتها على نوع الحديد وتنتج على شكل هلال.



٤) ألياف الهاركس :

تنتج هذه الألياف فى ألمانيا بأطوال مختلفة وذى مقطع على هيئة مثلث وضلعين بسطح خشن والآخر ناعم ومقاومة الشد ٧٠٠ نيوتن / م٢ وتصنع بطريقة خاصة تضمن عدم صدأ الحديد ويمكن خلطها مع معدات خلط الخرسانة ومن مميزات هذه الألياف مساحة سطح القطاع العرضى يبلغ تقريباً ضعف مساحة القطاع العرضى للألياف المستديرة مع أنها تعطى زيادة مقاومة الخرسانة للإجهادات الخاصة بالإجهادات الميكانيكية وإجهادات الصدم .



٥) ألياف الفيبر جلاس fiber glass:

وهى ألياف الزجاج والمعروفة بالـ (E.glass) والتى تقوم بدور التسليح فى الخرسانة وتستخدم على هيئة خيوط مركبة من شعيرات مستمرة متوسط قطر الشعيرة الواحد حوالى ١٥ ميكرون ، وهذا النوع من ألياف الزجاج يختلف كثيراً عن الصوف الزجاجى المستخدم فى العزل الحرارى حيث إنه عبارة عن زجاج الومينا - يوزن وذو خواص عالية للمتانة والمرونة ومقاومة تأثير المواد الكيماوية والمقاومة العالية للقلويات مما يجعلها مناسبة للخلطات الأسمنتية والخلطات الجبسية ومكونات الخرسانة كالآتى :

١) من ١:٤٪ ألياف فيبر جلاس ١٢م .

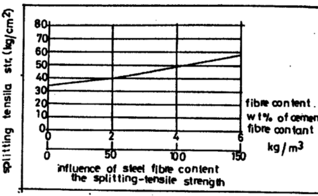
٢) إضافات لزيادة الإجهاد والسيولة من ٣ إلى ٥٪ .

وتعطى الخرسانة مقاومة للضغط من ٥٠٠ كجم/سم٢ إلى ١٠٠٠ كجم/سم٢ .

تأثير إضافة الألياف المختلفة على الخرسانة :

أولاً : تأثير إضافة الألياف على قوة الشد الغير مباشرة :

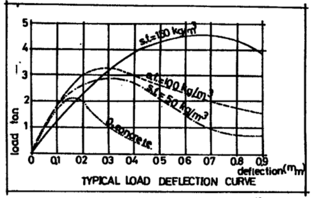
أجرى اختبار على قطاع من كمرة ١٥×١٥×١٥ سم وعلى نسب مختلفة من ألياف وتم لها كسر بعد ٢٨ يوماً يلاحظ أن قوة الشد الغير مباشر تزداد إلى حوالى ١٥٪، ٣٥٪، ٧٥٪ وذلك بالنسبة للخلطات التى فيها نسبة الألياف ٥٠ كجم / م٣ ، ١٠٠ كجم / م٣ ، ١٥٠ كجم / م٣ على التوالى .



تأثير إضافة الألياف على قوة الشد الغير مباشر

ثانياً : تأثير إضافة الألياف على مقدار انبعاج الكمرات :

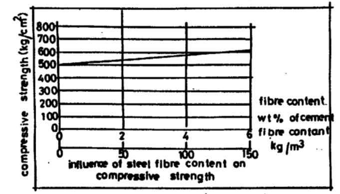
أجرى الاختبار على نفس القطاع السابق وتم قياس الانبعاج حسب الخلطات التى بالرسم التالى حيث تبين أن انخفاض مقدار الانبعاج وزيادة المرونة وزيادة الحمل الأقصى للكمرات يتناسب تناسباً طردياً مع زيادة نسب الألياف .



تأثير إضافة الألياف على مقاومة الانبعاج

ثالثاً : تأثير الألياف على مقاومة الانضغاط :

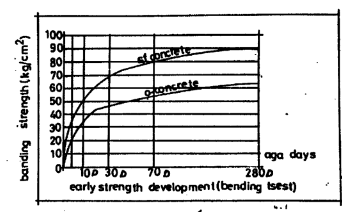
أجرى الاختبار على مكعبات بأبعاد ١٥×١٥×٨٥ سم وأجرى الاختبار بعد ٢٨ يوماً وجد أن إضافة الألياف بحوالى ٦٪، ١٢٪، ٢٠٪ للخلطات المستعمل فيها نسبة الألياف ٥٠، ١٠٠، ١٥٠ كجم على التوالى .



تأثير إضافة الألياف على مقاومة الضغط

رابعاً : إمكانية زيادة القوى المبكرة المسلحة بالألياف :

اختبر قطاع كمرة ١٥×١٥×٧٠ بعد ١٢ ساعة، ١، ٣، ٧، ٢٨ يوماً على نسبة ٥٠ كجم/م³ وعلى نسبة حوالى ٣٪ من مواد الإضافة A.S.T.M.C.494 قد يصل إلى النتائج التى بالرسم التالى .



إمكانية زيادة القوى المبكرة بالألياف المسلحة

سادساً : المونة الأسمنتية ذاتية السيولة قليلة الانكماش :

تتكون المونة الأسمنتية ذاتية السيولة قليلة الانكماش من خليط من الأسمنت والكوارتز المدرج وإضافات كيميائية لزيادة قابلية التشغيل والسيولة وتخفيض نسبة المياه اللازمة وزيادة قوة تلاصق الخلطة مع جميع الأسطح واحتفاظها بنفس الحجم بعد الشك والتصلد .

إن العناية بالصب والمعالجة تقلل مقدار الانكماش ومن المعروف أن زيادة نسبة الأسمنت فى خلطة المونة تؤدى إلى تحسين خواصها الميكانيكية ولكن فى الوقت نفسه تزيد من مقدار الانكماش وفى بعض أعمال الحقن تستخدم عجينة أسمنتية ذات قوام عالى القابلية للتشغيل مما تضطر إلى إضافة ماء بنسبة عالية وبالتالى تقل مقاومة المونة بعد التصلد لأنه من البديهيات أنه كلما زادت إضافة المياه تسهيل الـ workability ولكنه تقل المقاومة للمونة إلى الضعف وكثرة الماء بعد التصلد تكون فراغات كبيرة وكذلك زيادة عالية فى انكماش الجفاف ولذلك يجب استخدام إضافات للأسمنت للتقليل من الماء وبالتالى تقلل الانكماش ومن هذه المواد مادة الرست بليرون وأنواع معينة من الكربون وبودرة الألمونيوم وهذه المواد تضاف بنسبة ١٠٪ تقريباً من وزن الأسمنت أما عن الماء المضاف فيكون من ٨٪ إلى ١٢٪ من وزن المونة .

تتميز المونة الأسمنتية ذاتية السيولة بالخواص التالية :

١) قوة مبكرة عالية .

٢) مقاومة انضغاط نهايته تصل إلى ٥٥٠ كجم/ سم٢ بعد ٢٨ يوماً .

٣) ذاتية السيولة مما يساعد على ملء الشروخ وحشو الفراغات .

٤) قليلة الانكماش مما يساعد على تفادى حدوث الشروخ .

٥) ذات قوة التصاق عالية مع جميع الأسطح .

٦) وتستعمل المونة الأسمنتية ذاتية السيولة فى أعمال الترميم والتقوية خاصة أعمال ملء الشروخ وحشو الفراغات وقمصان الأعمدة والكمرات .

سابعاً : روبة مستحلب الجنرال بوند :

وتستعمل هذه الروبة خصوصاً قبل البياض بالمساكن الجاهزة حيث إن سطح الخرسانة ناعم جداً حيث تصب هذه الخرسانة لإنتاج الحوائط والأسقف فى قوالب وتهز هزاً جيداً ولا تصلح هذه الروبة فى زرع أشاير الحديد علماً بأن البولى فينيل الأستيت نوعان : أحدهما : يصلح للمواد البلاستيكية والدهانات الخارجية ، والثانى : يصلح لمواد اللصق وتصنيع الغراء ويتم تصنيع مادة الجنرال بوند الخاصة للمبانى كالآتى :

١) مادة تصلح للبياض وما شابه ذلك وتتكون من : بولى فينيل أسيتات P.V.A مع إضافة مادة بولى فينيل الكحول مع مواد حافظة ومواد مانعة للرغوة .

٢) مادة تصلح للصق الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة قبل الصب لا يزيد عن ربع ساعة وتكون هناك أشاير بالخرسانة القديمة مثبتة بالإيبوكسى ، وهذه المادة مكونة من ستيرين أكريلك بدلاً من بولى فينيل أسيتات وتعطى قوة لصق أعلى ومقاومة للماء مع باقى الإضافات السابقة وهذه المادة اللاصقة للصق الخرسانة القديمة والجديدة والحديثة فى مستوى أفقى وليس فى مستوى رأسى لأنها تتحمل الضغوط ولا تتحمل الشد وقد تختلف نسبة المواد الصلبة إلى المواد السائلة طبقاً لدرجة السيولة المطلوبة ويجب رش الروبة على الأسطح بالمسطرين مثل الطرطشة العادية بسمك لا يقل عن ٥ مم قبل صب المونة أو الخرسانة .

ثامناً : مونة الأسمنت والرمل البولمرية :

هناك عديد من الراتنجات التى أثبتت كفاءتها إذا أضيف إلى المونة الأسمنتية عن طريق ماء الخلط ومن هذه الراتنجات راتنج الإيبوكسى Epoxy وراتنج الأكريلات والأكريلات المطورة وراتنج الإستيرين بوتادين sygrene butadiene (S.E.R) ومن أكثر هذه الأنواع مقاومة عالية للرطوبة والرى هو (S.E.R) كما أن الإيبوكسى له صفات متميزة ، والناتج من المواد السابقة مع خلطه إلى الماء كمستحلبات أو معلقات له القدرة على تحسين خاصية تماسك المونة حديثة الخلط مع الخرسانة القديمة المتصلدة ولابد من تجهيز السطح الخرسانى القديم بالنظافة الجيدة وإزالة الأتربة وإذا كان هناك انتفاخ أو تقشير السطح الخرسانى القديم يجب معالجة هذه الظواهر جيداً إما بنزع هذه الطبقات التالفة أو بأى طريقة قبل وضع هذه المونة .

والجدول التالى يبين مقارنة بين خواص مواد الترميم شائعة الاستعمال فى ج. م. ع والبلاد العربية

المادة	مقاومة الضغط (كجم / سم٢)							مقاومة الشد كجم/سم٢	مقاومة الانحناء كجم /سم٢	الانكماش الطولى ٪	معاير المونة كجم /سم٢ × ١٠٣	معامل التمدد الحرارى لكل م° × ١٠-٦
	١ ساعة	٣ ساعة	٦ ساعة	١ يوم	٧ يوم	٢٨ يوم	المقاومة القصوى					
خرسانة	–	–	–	٧٠	٢٠٠	٢٥٠	٣٥٠	٣٥	٧٠	٠,٠٥	٢٨	١٠
مونة أسمنتية ذات إضافات	–	–	–	٣٠٠	٥٠٠	٧٠٠	٩٥٠	٥٠	١٠٠	٠,٠٥	٣٠	١٤
إيبوكسى عند ٢٠°م	–	–	٥٥٠	٨٥٠	٩٥٠	١٠٠٠	١٠٠٠	١٦٠	٣٠٠	٠,٠٨	٥	٢٨
إيبوكسى عند ٦٠°م	–	–	–	٣٠٠	٨٥٠	–	٩٥٠	١٦٠	٣٠٠			
بولى إستر	صفر/٣٠٠	٩٠٠/٣٠٠	١١٠٠/٧٠٠	١١٥٠/٨٥٠	–	–	٢٠٠/٩٥٠	١٤٠	٢٨٠	١,٠٠	١٥	٣٠
إستيرين بوتادين	–	–	–	–	٣٥٠	–	–	٤٠	١٠٠	–	–	–

الفصل الثالث

البوليمرات واللدائن الإيبوكسية

تستخدم البوليمرات العضوية polymers والأسمنت فى علاج الشروخ ، وسوف نشير إليهم بالروابط ، وأكثر البوليمرات العضوية استخداماً فى الترميمات الإنشائية هى الروابط الإيبوكسية وهى عبارة عن مركب أساسى راتنجى eboxyde binders ومصلد أو متعجل شك hardener حيث يجب خلطهما بالنسب المحددة والروابط الإيبوكسية لها خاصية الالتصاق بالخامات كالخرسانة والحديد وقلة الانكماش كما أنها ذات قوة شد وضغط عاليتين (وإن كان معامل المرونة للروابط الإيبوكسية منخفضاً إذا قورن بالخرسانة) ويعيب البوليمرات العضوية ضعف مقاومتها للحريق ودرجات الحرارة المرتفعة ولتعريف الإيبوكسى رزن كالآتى :

كل هذه الأنواع من الرزن من الأصح تسميتها إيبكلورهيدرين بسفينول رزن epichlorohydrin bisphenol وهى سلسلة مكونة من مجموعات عضوية وجلسرول – وهى إضافات مختلفة تستخدم لتعطى إيبوكسيات ذات خواص مختلفة ولكن عامة فكلها ذات صلابة عالية وقوة تحمل ممتازة ومقاومة للكيماويات ولكنها لا تقاوم درجات الحرارة العالية .

مقاومة اللدائن (الإيبوكسى) المستخدمة فى علاج الشروخ للضغط والقص والحرارة :

إن السرعة التى أنجز بها العديد من المنشآت الخرسانية العملاقة فى البلاد العربية خلال العقدين المنصرمين لم تترك متسعاً من الوقت للمهندسين والمصممين لدراسة وتقييم مدى تأثير هذه المواد على منشآتهم الخرسانية حيث أدت النوعية المتردية من مركبات الخرسانة الأولية الهشة والرمال المحتوية على الأتربة والمياه الملوثة بالأملاح إلى تدهور مبكر للعديد من هذه المنشآت الخرسانية . كما أن التغيرات المتباينة فى درجات الحرارة والرطوبة على المستويين اليومى والموسمى قد سارع فى عملية التدهور لهذه البلاد العربية ذات الدرجات الحرارة المرتفعة ، ومن أبرز سمات هذا التدهور المبكر للمنشآت ظهور تشققات فى الخرسانة وتتباين هذه التشققات فى أنواعها ومسبباتها بحسب نوع المنشأ والظروف البيئية المحيطة به .

ويلجأ العديد من أصحاب هذه المنشآت المتضررة إلى حقن هذه التشققات بمواد صمغية إيبوكسية آملين بإعادة هذه المنشآت إلى ما كانت عليه من النواحى الجمالية والإنشائية ، ولا يتوفر لأصحاب هذه المنشآت فى الوقت الراهن ما يكفى من المعلومات لترشيد اختيارهم ضمن مجموعات وأصناف متعددة من هذه اللدائن فى الأسواق المحلية كما أن منتجى هذه اللدائن لا يشيرون البتة إلى طبيعة عمل منتجاتهم ولا إلى إمكانية تكيفها مع ظروف تلك الدول العربية ذات الارتفاع فى درجة الحرارة إلا أن هذا البحث قد خصص للإجابة على بعض هذه التساؤلات .

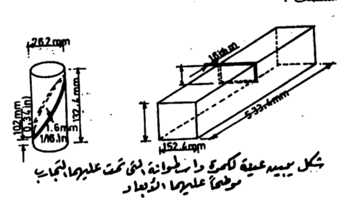
وقد تمت الدراسة على الأسس التالية :

١) دراسة تأثير ارتفاع درجات الحرارة على أداء اللدائن :

تم استخدام أنصاف الأسطوانات من الخرسانة ذات الأسطح المائلة بدرجة ٣٠ وتم ربط زوجين من هذه الأصناف بواسطة اللدائن لتشكل أسطوانات كاملة صالحة لفحص الضغط حيث يتعرض السطح المائل لقوى القص والضغط معاً وتم استخدام ثلاثة أنواع مختلفة من اللدائن فى عملية الربط كما تم فحص هذه المجموعات من الأسطوانات تحت درجات حرارة متباينة ٢٠°م و ٦٢°م وذلك لمعرفة تأثير الحرارة على قوى الربط بين هذه الأصناف .

٢) دراسة تأثير تذبذب درجات الحرارة على أداء اللدائن :

تم استخدام مجموعة من الكمرات الخرسانية (١٥٠ مم × ٥٣٠ مم) مع وجود شق اصطناعى مستعرض يصل إلى نصف عمق الكمرة وبعرض ١,٥ مم كما فى الشكل التالى وتم حقن هذه الشقوق بأنواع مختلفة من اللدائن كما تم تعريض العينات هذه لدورات متعاقبة من الحرارة والبرودة وعند إتمام العدد المناسب من هذه الدورات فإن الكمرات الخرسانية تفحص تحت جهد انحناء حيث يتعرض سطح اللدائن لقوى الشد وتتغير قوى الشد بصورة طردية مع عمق الكمرة الخرسانية حيث تبلغ أقصاها عند السطح الخارجى وتنعدم عند المنتصف .



شكل يبين عينة لكمرة واسطوانة التى تمت عليهما التجارب موضحاً عليهما الأبعاد

٣) دراسة تأثير تعاقب الرطوبة والجفاف على أداء اللدائن :

تم استخدام مجموعة من أنصاف الأسطوانات فى هذه الدراسة وتم تعريض مجموعات الأسطوانات لدورات متعاقبة من

الغمر بالمياه يعقبه التجفيف فى أفران تحت حرارة لا تزيد عن ٦٠°م ولأعداد متفاوتة من هذه الدورات يلى ذلك فحص الأسطوانات تحت الضغط لمعرفة تأثير الدورات المتعاقبة من الرطوبة والجفاف على قوة التلاصق بين أنصاف الأسطوانات .

– اللدائن الثلاثة المستخدمة فى التجربة :

لقد تم اعتماد خلطة خرسانية متجانسة لتصنيع النماذج والعينات المستخدمة فى هذا البحث وكانت نسب المواد المستخدمة فى هذه الخرسانة ٢,٨٥ : ١,٣٩ : ١,٠ : ٠,٥٢ (زلط : رمل : أسمنت : ماء) وقد روعى أن تكون ظروف صنع هذه النماذج متقاربة لتقليل الفوارق بين العينات الخرسانية بعضها البعض ولتركيز الاختلافات على مدى قدرة اللدائن فى ربط أجزاء النماذج ببعضها أما بالنسبة إلى أنواع اللدائن المستخدمة فى حقن الشقوق المائلة والمستعرضة فى العينات الخرسانية فلقد تم تلقيبها بالحروف الأبجدية أ،ب،ج وهى لدائن شائعة الاستعمال فى الأسواق المحلية ويوضح الجدول التالى بعض مواصفات اللدائن الثلاث كما وردت فى تقارير مصنعها .

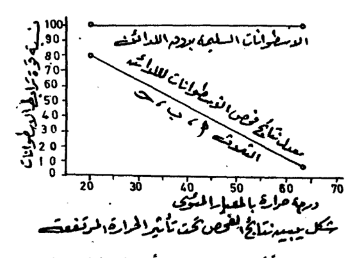
مواصفات اللدائن الثلاث أ ، ب ، جـ كما وردت فى تقارير مصنعها

Properties of the three types of epoxy resins used as obtained from manufacturer instruction sheets

Property	*Epoxy A*	*Epoxy B*	*Epoxy C*
Storage conditions and shelf life	Resin and hardener have a shelf life of one year if stored at 15–25°C	+ 5°C to + 40°C. A shelf life of 12 months when unopened and stored correctly	Dry and cool, maximum storage period of 6 months
Working temperature (processing temperature)	15°C–30°C (59–86°F)	5–10°C (41–50°F)	Min 5°C (41°F)
Pot life	110 min at 10°C (50°F) 50 min at 23°C (73°F) 25 min at 30°C (86°F)	50 min at 10°C (50°F) 20 min at 20°C (68°F) 10 min at 30°C (86°F)	30 min at 20°C (68°F)
Compressive strength	(ISO, R 604) 80 N/mm² (11 600 psi)		Approx. 97·4 N/mm² (14 124 psi)
Tensile strength	(ISO R527) = 60 N/mm² (8 700 psi)	25 N/mm² (3 625 psi) N/LP	61·9 N/mm² (8 976 psi)
Elastic modulus	(ISO/R527) = 3 200 N/mm² (464 200 psi)		E-Modulus/bend 2 510 N/mm² (363 983 psi)
Coefficient of thermal expansion	60×10^{-6} per °C ($33{\cdot}3 \times 10^{-6}$ per °F)	90×10^{-6} per °C (50×10^{-6} per °F)	50×10^{-6} per °C ($27{\cdot}8 \times 10^{-6}$ per °F)

نتيجة التجربة والتوصيات :

التجربة تحت تأثير الحرارة المرتفعة : لقد تم فحص مجموعتين (ثلاثة عينات لكل مجموعة من الأسطوانات الخرسانية لكل من الأنواع الثلاثة من اللدائن وقد تم فحص المجموعة الأولى على درجة حرارة المختبر والتى تبلغ ٢٠°م وأماالثلاثة من اللدائن المجموعة الثانية فقد تم تسخينها لمدة ٢٤ ساعة فى فرن يعمل بالهواء الساخن ولدرجة حرارة تبلغ ٦٢°م وقد تم فحصها حال خروجها من الفرن . وقد أظهرت نتائج الفحص هبوطاً واضحاً فى مدى ترابط أنصاف الأسطوانات فى درجات الحرارة المرتفعة نظراً لفشل اللدائن (أ، ب، ج) وتحولها إلى مادة مطاطية فى هذه الحرارة ويوضح الشكل التالى هذه التجربة بصورة بيانية مبسطة .



شكل يبين نتائج الفحص تحت تأثير الحرارة المرتفعة

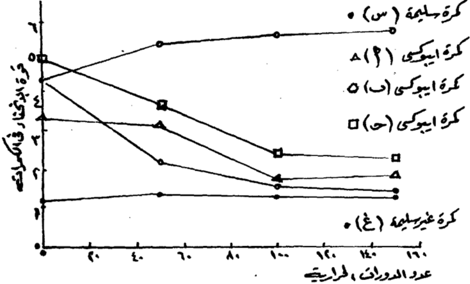
ويبدو جلياً أن للحرارة المرتفعة تأثير بالغ الخطورة على قدرة اللدائن فى ربط أنصاف الأسطوانات بعضها . وقد هبطت شدة الترابط هذه إلى ما دون ٢٥٪ من قدرتها الاعتيادية فى درجات الحرارة المعتدلة (٢٠°م) عندما تم تسخينها لدرجة حرارة تزيد قليلاً عن ١٠°م وعندما نعلم بأن حرارة الخرسانة المتعرضة لأشعة الشمس فى فصل الصيف قد تصل إلى ما يزيد عن ٧٠°م فإنه يكون من غير المفيد الاعتماد على ربط الأجزاء الخرسانية بواسطة اللدائن فى هذه الحرارة المرتفعة ويقتصر أداء اللدائن عندئذ على ملء الشقوق لإعادة النواحى الجمالية دون الإنشائية للخرسانة المتضررة .

وقد تمت التجربة تحت تأثير الدورات الحرارية المتعاقبة وقد تمت أيضاً التجربة تحت تأثير دورات الجفاف والرطوبة وقد توصلت هذه التجارب إلى التوصيات التالية :

١) تقوم اللدائن بأداء دورها كاملاً من النواحي الجمالية والإنشائية إذا ما تم استخدامها تحت ظروف بيئية معتدلة أو تمت السيطرة المباشرة كاستخدامها فى داخل المبانى الخرسانية المكيفة أو فى مواقع من المبنى لا تتعرض فيه لعوامل الجو الخارجى من حرارة ورطوبة ودورات حرارية متعاقبة .

٢) أظهرت اللدائن الثلاث تدهوراً واضحاً فى أدائها الإنشائى حينما تعرضت لحرارة تزيد قليلاً عن ٦٠°م وتحولت اللدائن إلى طبقة رقيقة مطاطية تسمح بانزلاق الأسطح الخرسانية فوق بعضها عند هذه الحرارة وإذا ما علمنا بأن الحرارة للأسطح الخرسانية المعرضة لأشعة الشمس فى موسم الصيف قد تزيد فى بعض البلاد العربية ٧٠°م فإنه يصبح من المناسب القول بعدم جدوى استعمال اللدائن لحقن الشقوق عندما تكون الخرسانة معرضة للعوامل الجوية المباشرة .

٣) أظهرت اللدائن الثلاث انخفاضاً ملحوظاً فى مستوى الأداء الإنشائى فى الكمرات الخرسانية عندما تعرضت لدورات حرارية متعاقبة من الحرارة والبرودة ولربما كان هذا الانخفاض يعود إلى تفاوت فى مقدار معامل التمدد الحرارى بين اللدائن والخرسانة .



شكل يبين تأثير الدورات الحرارية المتعاقبة على أداء اللدائن

٤) لم تظهر نتائج فحص اللدائن بعد تعريضها لدورات متعاقبة من الرطوبة والجفاف أى اختلافات ملموسة فى مستوى الأداء الإنشائى ولربما احتاج الأمر إلى أعداد كبيرة من هذه الدورات وعموماً فإن ارتفاع مستوى الرطوبة فى الجو أو فى الخرسانة لا يؤثر بصورة مباشرة فى عمل اللدائن بربط أجزاء الخرسانة بعضها البعض .

٥) أفادت نتائج هذه الاختبارات بأن أنصاف الأسطوانات الخرسانية والكمرات الخرسانية ذات الشقوق المستعرضة تمثل أفضل أنواع النماذج الخرسانية المتوفرة لمحاكاة أداء اللدائن لتعبئة الشقوق فى الخرسانة كما أن المقاسات المعتمدة لهذه النماذج تسهل عملية التعامل مع هذه العينات .

تعريف وخصائص هامة عن البوليمرات واللدائن الإيبوكسية :

زمن التشغيل Pot Life .

وهى الفترة الزمنية التى تلى خلط المركبين والتى خلالها يكون تشغيل المنتج مسموحاً به ، وعادة تكون فى حدود ٣٠ دقيقة وتقل بارتفاع درجة حرارة الجو .

التصلد : هو الشك الفيزيائى للرابط بعد التشغيل .

المعالجة : هى معالجة طبيعية للمنتج تعطيه قوة واستمرارية نتيجة تكوين روابط جزيئية ، وعموماً تكون عدة أيام . والمعالجة تتوقف عادة فى الأجواء الباردة عند درجات الحرارة التى تقل عن ٥°م .

ويمكن التحكم فى الخصائص السابق ذكرها والخواص الطبيعية للمنتج النهائى ويمكن لمصمم معادلات الخلط التحكم فى الخواص السابق ذكرها والخواص الفيزيائية للمنتج النهائى بحيث تفى بالمتطلبات المختلفة ، وهناك إضافات مختلفة يمكن استخدامها أيضاً لتفى بالمطلوب .

وحيث إن تكاليف الإيبوكسى مرتفعة فمن الممكن خلط المنتج بإضافات مالئة ، تلك التى تعطى خواصاً مفيدة مطلوبة .

والروابط الإيبوكسية تنتمى إلى فصيلة البوليمرات حرارية التصلد Thermohardening Polymers وهى تشمل ضمن تركيبها البوليريثان Polyrethanes مجهزاً على هيئة مركبين يتم خلطهما عند الاستخدام (وفى بعض الحالات فى حالة طبقات الدهان الرقيقة من مركب واحد يخلط بالماء وإن كان شدة تفاعل البوليريثان مع الماء تشكل بعض الصعوبات فى الاستخدام) ويعتبر البوليستر Polyesters من نفس الفصيلة وهو عادة يتكون من ثلاث مركبات Basic resin, catalysers and accelerator (أساس راتنجى - وسيط مساعد - معجل شك) وهى تستخدم غالباً فى بوليمر مونة الأسمنت وغالباً ما يكون مقاومته للحرارة أفضل من الإيبوكسى ولكن تماسكها بالخرسانة أقل كفاءة وانكماشها أعلى إذا قورن بالإيبوكسى .

وهناك فصيلة أخرى من الروابط العضوية تتكون من البوليمرات البلاستيكية Thermoplastic Polymers أو الروابط الأكريليكية acrylamid binder وتصنع من ثلاث مركبات (أساس راتنجى - وسيط مساعد - معجل شك) والمركبين الآخرين يمثلان ١٪ بالوزن من الأساس الراتنجى .

وهى سريعة الشك ولا تلتصق بالخرسانة وهى ذات انكماش عالى فى الظروف الجافة ، ولذا فإن استخدامها الرئيسى يكون فى سد الشروخ فى حالات الرطوبة والتشبع لمقاومة تسرب الماء .

والأسمنت المستخدم هنا هو الأسمنت البورتلاندى العادى كما أن الأسمنت قليل الإنكماش والأسمنت سريع الشك يمكن خلطهما بالبوليمرات العضوية .

(ب) اختيار الخامات :

يستخدم أسمنت الحقن (اللبانى) لملء التعشيشات والفراغات الهامة كما يستخدم الأسمنت السريع الشك فى بعض حالات ملء الشروخ وتستخدم البوليمرات البلاستيكية (الراتنجات الأكليريك Thermoplastic Polymers Acrylic Resin) بصفة رئيسية لملء الشروخ تحت ضغط الماء لإيقاف نفاذ الماء .

وتستخدم البوليمرات حرارية التصلد Thermoplastic Polymers (وليس مركبات الأيبوكسى ذات الصفات الخاصة) .

ويعطى الجدولان التاليان ملخصاً لوضع استخدامات أنواع الخامات المختلفة والمفصلة عن استخدام البوليمرات حرارية التصلد :

جدول رقم (١)

الخصائص		بوليمرات حرارية التصلد	بوليمرات بلاستيكية	روابط هيدروليكية (أسمنتية)			
				تقليدى	خاص	تقليدى مع	
						بوليمرات حرارية التصلد	بوليمرات بلاستيكية
الغرض من إصلاح الشروخ	إيقاف نفاذية الماء بالمنشآت المائية	ممكن	ممكن	لا يوصى باستخدامه (غير مسموح)	لا يوصى باستخدامه (غير مسموح)	ممكن	ممكن
	مقاومة إجهادات الشد	ممكن	لا يوصى باستخدامه (غير مسموح)	لا يوصى باستخدامه (غير مسموح)	لا يوصى باستخدامه (غير مسموح)	غير مسموح باستخدامه	غير مسموح باستخدامه
	مقاومة إجهادات الضغط دون حدوث زحف creep	ممكن	لا يوصى باستخدامه (غير مسموح)	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن
حالة المكونات	جاف	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن
	رطبة	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن
	تحت ضغط المياه	ممكن	ممكن	ممكن مع تحفظات	ممكن مع تحفظات	ممكن مع تحفظات	ممكن مع تحفظات
العرض W	W < ٠,٢م	ممكن مع تحفظات	ممكن	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه
	٠,٢م ≤ W < ٠,٦م	ممكن	ممكن	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه
	٠,٦م ≤ W < ٠,٣م	ممكن	ممكن	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه
	L ≥ ٣ م	ممكن	لا يوصى باستخدامه	ممكن	ممكن	ممكن	ممكن
الفراغات الداخلية		ممكن ولكن مكلف	لا يوصى باستخدامه	ممكن مع تحفظات	ممكن مع تحفظات	لا يوصى باستخدامه	لا يوصى باستخدامه

جـــدول رقم (٢)

بوليستر	بولى يوريثان	الإيبوكسى	الخصائص الرئيسية للمنتجات	
قوى	منخفض نكن أعلى من الإيبوكسى	منخفض	انكماش اللدونة (البلمرة)	
سىء	جيـد	جيـد	الالتصاق والتماسك مع الطبقة السفلى	جاف
سىء	غير مناسب	تتوقف على التركيب الكيميائى		رطب
تتفاوت تفاوتاً كبيراً	تتوقف على درجة الحرارة المحيطة وعلى الكمية المخزنة		زمن التشغيل Pot Life	
	مرتفعة ولكن تقل عندما تقل اللزوجة (تزيد السيولة) لذا يجب أن نهتم بالقدرة الميكانيكية عندما تنخفض اللزوجة عن ٥٠٠ C_{ps}		القوة الميكانيكية	
إيقاف نفاذ الماء من الشروخ الدقيقـة (التى عرضها < ٢,م)	حقن الشروخ فى وسط جاف	حقن الشروخ المنفذة للماء المباشرة وحقن الشروخ النشطة الغير مباشرة بالروابط الإيبوكسية المرنة التى يحدث الكسر فيها بعد الاستطالة بنسبة ١٠٠٪ على الأقل بعد تمام الصلد ووصول إجهاد الشد لأكثر من ٤ M_{ps}	مجال الاستخدام	

ملحوظة : الجداول السابقة ومعظم التوصيات والتعليمات السابقة أخذت ونشرت فى فرنسا .

المواد الإيبوكسية لأعمال الترميم والتقوية وحماية الخرسانة

أولاً : المونة الراتنجية اللاصقة والمالئة للشروخ : هى مونة لا يستعمل فيها الأسمنت ولكن يخلط الرمل مع مادة راتنجية مثل الإيبوكسى وراتنج البولى إستر ومن المعروف دائماً أن مثل هاتين المادتين لابد من إضافة مصلب Hardner ويكون فى علبة أخرى مخالفة لعلبة الإيبوكسى ويجب إضافة الراتنج والمصلب للرمل بنسب تحددها الشركة الصانعة قبل الاستعمال بمدد لا تزيد عن نصف ساعة والمونة الناتجة من هذا الخليط تكتسب خواص ميكانيكية ممتازة وتتفوق على مثيلتها من المونة الأسمنتية كما أن لها خاصية التماسك العالية مع الخرسانة سابقة الصب وحديد التسليح ولها مقاومة عالية ضد البرى والنفاذية والكيماويات ، ويستحسن خلط مادة الإيبوكسى والمصلب قبل الاستعمال مباشرة علماً بأن هذه المونة يجب أن تكون خالية من المذيبات .

وتستخدم فى ترميم الشروخ الخرسانية ولحام جميع أنواع المواد مثل الحديد والخرسانة وأشاير حديد التسليح فى الخرسانة وتثبيت الحوائط وعمل الطبقات المقاومة للاحتكاك والتآكل والأحمال الميكانيكية والمواد الكيميائية وتتميز هذه المونة بالخواص التالية :

١) مقاومة عالية للانحناء يصل إلى ٢٥٠ كجم/سم٢ .
٢) مقاومة عالية للانضغاط تصل إلى أكثر من ٦٠٠ كجم/سم٢ .
٣) مقاومة عالية للتماسك مع الخرسانة تصل إلى أكثر من ٢٥ كجم/سم٢ .
٤) مقاومة عالية للاحتكاك .
٥) مقاومة عالية للكيماويات .
٦) غير قابلة للانكماش .

ثانياً : مواد المعالجة السطحية وغلق المسام وتقوية الأسطح بالدهانات :

تستعمل هذه المواد لتقوية الأسطح الخرسانية خاصة الأسطح المسامية وتتسرب هذه الدهانات داخل مسام الخرسانة وتساعد على تقوية الأسطح بدون تكوين طبقة دهان سطحية surface hardner وتساعد على زيادة مقاومة الاحتكاك ومقاومة نفاذية

المياه وعدم تكوين الأتربة الناتجة للأسطح الخرسانية وعليه يجب اختيار مواد الدهانات ذات لزوجة كافية لتتغلغل داخل الخرسانة إلى مسافات لا تسمح بانفصال الطبقة السطحية ومن أنواع المواد الخاصة بالدهانات الشائعة الاستعمال للأغراض المختلفة هى :

دهانات الإيبوكسى رزن :

تتوفر هذه الدهانات فى ثلاثة أنواع رئيسية :

١ – oil-modified ٢ – catalyzed ٣ – high baked .

وسنلقى الضوء على الثلاثة أنواع :

١) زيت مطور oil-modified ويتم الجفاف عن طريق الأكسدة ويرجع النوع عادة إلى إيبوكسى إستر epoxy esters وهذا النوع له خواص بين هذه الدهانات عالية الجودة وتلك التى تحمى وتقاوم الكيماويات ، وهى تحتوى على زيت سريع الجفاف فى الهواء ويستخدم على الأسطح المعدنية الداخلية ويستخدم فى الأسطح الداخلية فى المبانى المعرضة للأبخرة وفى المغاسل التى تستخدم المنظفات التى تحتوى على مواد قاعدية مثل الصودا الكاوية .

٢) إيبوكسيات ذات العامل الحفاز : Catalyzed epoxies

هذه الدهانات تجف عن طريق التفاعل بين الإيبوكسى رزن والعامل الحفاز catalyst (المصلب) ويتم الخلط جيداً كى يبدأ التفاعل وذلك الخلط الجيد يحسن المقاومة للكيماويات وقوة الالتصاق للسطح وتؤثر درجة الحرارة على سرعة التفاعل حيث يجب ألا تقل درجة الحرارة عن ١٦°م سواء فى الجو أو السطح وتحت هذه الدرجة يتم تأخر الجفاف وهذا النوع مقاوم جيد للكيماويات والماء والاحتكاك ولكن له قابلية للاصفرار .

ويتوفر الحفاز المستخدم (نوع المصلب) فى ثلاث أشكال شائعة والتى تختلف فى العامل الحفاز المستخدم (نوع المصلب) .

أ) إيبوكسيات تجف بالأمين (مصلب)

amine- cured epoxies:

وهى أفضل الدهانات المقاومة للمذيبات والأحماض .

ب) إيبوكسيات تجف بالبولى أمايد :

polyamid- cured epoxies

وله خواص المقاومة للماء والطقس وقوة الالتصاق على الأسطح الصعبة (الناعمة) وعن طريق التحكم فى كمية المذيب فى الخلطة وعن طريق زيادة حجم المواد الصلبة ، وأمكن تطوير الإيبوكسى لدهانه فوق الحديد المهلل وحتى تحت الماء .

جـ) إيبوكسيات تجف بالأمين أدكت (مصلب)

Amine adduct- curred materials

وهذا النوع يعتبر أقل حساسية لحالات المناخ عن النوعين السابقين ويتفق معهم فى باقى الخواص .

٣) النوع الثالث والذى يتم فى درجات حرارة عالية high baked وهو أفضل الأنواع مقاومة للكيماويات والمذيبات وهو يحتاج إلى درجات حرارة عالية جداً لإتمام عملية البلمرة واستخدام هذا النوع يعتبر محدوداً فى دهانات الأسطح الداخلية للتنكات التى تستخدم فى نقل الخرسانة أو المواد الكاوية والمذيبات .

مثال : لدهان إيبوكسى ذى مواد صلبة كبيرة High- Solids Epoxy Coating

مكونات المركب الأول

يتكون من ثانى أكسيد التيتانيوم	425.7	Titanium dioxed
تشينا كلاى	106.7	China clay
مادة مالئة	10.5	Thixtropic agent
مادة مساعدة على الانتشار	0.8	Despersing agent
خالٍ من المذيبات Free- solvent الإيبوكسى رزن	249	Eponex D. R. H
بيوتانول	221.9	Butanol

مكونات المركب الثانى (المصلب) curing agent

versamid	137.2
Butanol	19.4

*

نسب المادة الملونة والمواد الصلبة بالوزن والحجم

يتم الجفاف بعد ساعة :

Pigment volume concentration	27. 7%
solides by weight	79. 3%
solides by volume	64%

المواد الطاردة للماء : هذه المواد تلصق كيميائياً بالخرسانة وتتفاعل مع الخرسانة وتكون المجموعات غير القطنية الخواص الطاردة للماء حيث تصبح زاوية الاتصال للماء بسطح الخرسانة أكبر من ٩٠°م حيث إنه بمجرد وضع هذه المواد تبدأ سلسلة من العمليات الكيميائية ينتج عنها اختراق المادة للخرسانة طاردة أمامها ذرات المياه من مسام الخرسانة بينما تستمر بلورات المادة داخل الخرسانة وهذا يعنى أن تصبح الخرسانة صماء فبدلاً من وجود الخاصة الشعرية فى امتصاص الماء من الخارج تصبح الخرسانة بعد إتمام السلسلة الكيميائية طاردة للماء ولكن يجب قبل بدأ دهان سطح الخرسانة بهذه المواد يجب أن يكون السطح نظيفاً والتخلص من الأجزاء التالفة على سطح الخرسانة وترميمها جيداً وتكون جافة قبل الدهان .

ولذلك وجب اختيار المواد المستخدمة لهذا الغرض ومن هذه المواد الآتى :

١) **راتنجات السيليكون silicon resins** : هذه الراتنجات مذابة فى مذيبات أليفاتية (alifatic) وتحتوى على مواد صلبة من ٤:٨٪ وينشأ عند تفاعلها التصاق جيد مع حوائط الفجوات السطحية ولكى تعمل بكفاءة يجب أن يكون السطح نظيفاً جداً وجافاً وبه فجوات سطحية كبيرة وقد يؤدى وضعها على سطح الخرسانة لزوجة بسطح الخرسانة وهى لا تصلح للخرسانة ذات الفجوات السطحية الصغيرة علماً بأن الوزن الجزيئى لهذه المادة أكثر من ٢٠٠٠٠ .

٢) **السيليكونات : siliconates** : هذه المادة قابلة للذوبان فى الماء أو الكحول وبها حوالى ٤٥٪ مواد صلبة وتتفاعل هذه المادة مع ثانى أكسيد الكربون الموجود بالجو ومن ضمن عيوب هذه المادة أن تفاعلها مع ثانى أكسيد الكربون يسبب عيوباً بالسطح الخرسانى ويمكن إزالة هذا العيب بالغسيل بالماء أو عند سقوط المطر علماً بأن الوزن الجزيئى من ١٠٠ : ٢٠٠ .

٣) **السيلينات : silanes** : هذه المادة غالباً ما تكون مذابة فى مذيبات أليفاتية (alifatic) أو عطرية ويكون محتوى السيلين فيها مرتفعاً حوالى ٤٢٪ ولابد من توافر الرطوبة والمواد المحفزة catalyst لكى يحدث التفاعل مع البولى سيلوكسينات polysiloxanes وتمتاز هذه المادة عن السيليكونات والراتنجات بالآتى- علماً بأن الوزن الجزيئى لهذه المادة من ١٠٠: ٢٠٠-:

أ) ارتفاع نسبة المادة الفعالة إلى ٤٠٪ بينما لا تزيد هذه المادة الفعالة فى راتنجات السيليكون .

ب) هذه المادة أفضل مواد إشراب الأسطح حيث يكون تشريبها عميق بسبب انخفاض الوزن الجزيئى بالمقارنة بالراتنجات وانخفاض لزوجة المذيب بالنسبة للسيليكونات وأحد عيوب السيلينات أنها مادة متطايرة وتتبخر مع المذيب ولذلك تعتمد عملية إشراب السطح إلى حد كبير على مكان العضو الذى تجرى حمايته على الجو المحيط بهذا العضو .

٤) **السيلوكسينات المتبلمرة (polymeric siloxanes)** : هذه المادة لزجة للغاية إذا لم يتم إضافة المادة المفككة ، ونادراً ما تستخدم فى الخرسانة لأنه عندما تتم عملية بلمرة السيلينات أوالسيلوكسينات تتكون سلاسل جزئية طويلة وهذه السلاسل البوليمرية تشبه راتنجات السيليكون علماً بأن الوزن الجزيئى أكثر من ١٠٠٠ .

٥) **السيلوكسينات المتبلمرة جزئياً (oligomeric siloxanes):**

السيلوكسينات المتبلمرة جزئياً والتى تعرف باسم السيلوكسينات وأنتجت للتغلب على مشكلة السيلينات التى تتطاير ويمكن أن تتبخر مع المذيب وأمكن الحفاظ على مميزاتها والسيلوكسينات تستعمل مع المذيبات الأليفاتية أو الكحول حيث المادة الفعالة تتراوح نسبتها بين ٤،١١٪ علماً بأن الوزن الجزيئى لهذه المادة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠ .

المواد والمركبات الراتنجية للصق الخرسانة بين المواصفات القياسية :

حيث لا توجد مواصفات قياسية لمواد ومعالجة وإصلاح المبانى ، تتناول المواصفات القياسية لهذه المواد فى قليل من الدول الصناعية وتضمن الحدود التى تقترحها أحياناً الجهات المنتجة لهذه المواد الاختبارات من زوايا متعددة من أهمها التصنيف / المتطلبات الكيميائية / المتطلبات الطبيعية / المتطلبات الميكانيكية/ أخذ العينات .

علماً بأن الاختبار الأساسى قصير المدى (short term test) هو اختبار المقاومة باعتبارها الأساس الذى يبنى عليه المهندس الإنشائى حساباته الإنشائية ، وفى الماضى استعملت طرق اختبار غير مباشرة حيث كانت تؤخذ قلوب من الخرسانة الملصوقة أو المحقونة بعد إصلاحها بغرض تعيين حدود التغلغل (penetration) مع إجراء اختبار الضغط على العينة المحتوية على مادة الإصلاح ، ومع ظهور أول مواصفة قياسية انتشرت وتنوعت أساليب اختبار المقاومة على النحو الوارد .

١) اختبار مقاومة الضغط للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المالئ المعدنى :

تسمح بإجراء اختبار الضغط كل من المواصفات القياسية وتوصيات أحد بيوت الخبرة ويجرى الاختبار على عينات مكعبة الشكل على النحو الموضح بالشكل التالى ومن البنود التى تنفرد بها المواصفات البريطانية هى أن تعد العينات وتعالج تحت ظروف إما تطبيقية أو تنفيذية بها متفق عليها أو معملياً متحكم فيها .

ومن البنود التى أوصت بها إحدى بيوت الخبرة السويسرية

والألمانية ضرورة الاختبار على العينات معدة خصيصاً للاختبار وألا تكون مأخوذة من أنصاف الكمرات الناتجة عن اختبار الانحناء .

طول ضلع المكعب	إنجليزية	بيت خبرة
ع – مم	٤٠	٤٠

عينة مقاومة الضغط

٢) اختبار مقاومة الانحناء للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المالئ المعدنى :

يسمح بإجراء اختبار الانحناء كل من المواصفات القياسية البريطانية وتوصيات إحدى بيوت الخبرة ويجرى الاختبار على عينات منشورية على النحو الموضح بالشكل التالى :

البعد – مم	إنجليزية	بيت خبرة
ل	١٠٠	١٦٠
ل١	٧٥	١٠٠
ص	٢٥	٤٠
ع	٢٥	٤٠
الحمل	↓	↓

عينة مقاومة الإنحناء

٣) اختبار مقاومة الشد المباشر للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المالئ المعدنى :

تسمح بإجراء اختبار الشد المطلق المواصفات القياسية البريطانية فقط وتستخدم لهذا الغرض عينة الاختبار السابق استعمالها فى اختبار تعيين مقاومة الشد المباشر لمونة الأسمنت (ملغى حالياً) ويوضح الشكل التالى شكل عينة الاختبار وأبعادها .

البعد – مم	إنجليزية
ع	٧٦,٢
ص	٤٤,٤
س	٢٥,٤

عينة الشد المباشر

٤) اختبار تعيين معاير المرونة فى الضغط للمواد والمنتجات الراتنجية ذات المالئ المعدنى :

تسمح بإجراء اختبار تعيين معاير المرونة فى الضغط المواصفات البريطانية وتوصيات أحد بيوت الخبرة ويجرى الاختبار على عينات منشورية الشكل على النحو الموضح بالشكل التالى وتنفرد المواصفات البريطانية بتعيين معاير المرونة القاطع secant modulus of elasticity

البعد – مم	إنجليزية	بيت خبرة
ع	٦٠	١٦٠
ص	٤٠	٤٠

عينة معاير المرونة

اختبارات الالتصاق :

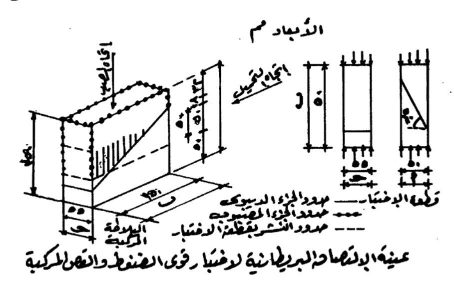
اختبار الالتصاق باستخدام قوى الضغط والقص المركبة :

ويجرى هذا الاختبار لقياس قدرة المركبات الراتنجية على لصق عينات أسمنتية مع بعضها من خلال تعريض عينات مركبة composite specimens لحمل ضغط ينتج عنه إجهادات ضغط وإجهادات قص على سطح اللصق .

وتسمح بإجراء هذا الاختبار المواصفات القياسية البريطانية وتوضح الأشكال التالية مقاسات جزئى العينة المركبة طبقاً لهذه المواصفات على التوالى كما توضح الأشكال مقاس الجزء الدميوى (دمية dummy section) الذى يستخدم لصب جزئى الاختبار وكذلك زاوية ميل سطح اللصق .

العينة المركبة طبقاً للمواصفات البريطانية :

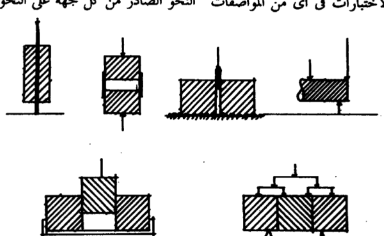
تعد قطعة منشورية بالنشر من بلاط مركبة من جزئين الأول دميوى (دمية) تفرش على سطح الالتصاق به مادة أو مركب اللصق الراتنجى ثم تصب الخرسانة أو يوضع الجزء الثانى سابق الصب لتكملة البلاطة على النحو الموضح بالشكل التالى .



عينة الالتصاق البريطانية لاختبار قوى الضغط والقص المركبة

اختبار الالتصاق بالقص المباشر (اختبارات غير واردة بأى من المواصفات القياسية) :

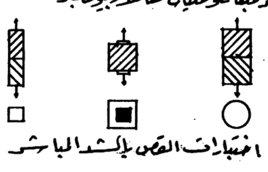
لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات القياسية وإنما أوصت بها بعض المعاهد وبيوت الخبرة الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية وأوردت بدوريات علمية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى .



اختبارات الالتصاق بالقص المباشر طبقاً لتوصيات معاهد وبيوت الخبرة

اختبار الالتصاق بالشد المباشر (اختبارات غير واردة بأى من المواصفات القياسية) :

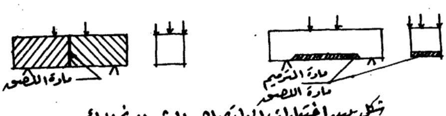
لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات القياسية وإنما أوصت بها بعض المعاهد وبيوت الخبرة الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى :



اختبارات القص بالشد المباشر

اختبارات الالتصاق بالشد الانحنائى (اختبارات غير واردة بأى من المواصفات القياسية) :

لم تتضمن مجموعة هذه الاختبارات فى أى من المواصفات القياسية وإنما أوصت بها بعض بيوت الخبرة والمعاهد الفرنسية أو السويسرية أو الألمانية ويجرى على النحو الصادر من كل جهة على النحو الموضح بالشكل التالى :



شكل يبين اختبارات الالتصاق بالشد الانحنائى

الفصل الرابع

استعمال المواد الأيدروكربونية فى مقاومة تآكل خرسانة الأسمنت والحديد الصلب :

إن المنشآت الخرسانية تحت سطح الماء معرضة للتآكل بفعل المياه ، ويجب ذكر الالتزامات الواجب توافرها فى هذه المون والخرسانات الأسمنتية حتى يمكننا استعمالها لمثل هذا الغرض وأهم هذه الالتزامات .

(أ) ضرورة عمل مون وخرسانات أسمنتية ذات تكاثف حبيبى عال .

(ب) ضرورة استعمال نسبة مضبوطة من الأسمنت .

(جـ) ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً .

إننا نكمل حماية هذه المون والخرسانات باستعمال مواد واقية مانعة لتسرب الماء فوق الأسطح أو باستعمال المواد الأيدروكربونية وسنبين ظروف المصاهرة وإمكانية الدخول بين المسام حتى يمكن لهذه المواد الأيدروكربونية أن تلتصق جيداً وتتمكن من أن تحتفظ بخواصها الأساسية بمرور الزمن .

إن المواد الأيدروكربونية المحضرة لتكون قادرة على الدخول بين مسام الخرسانة يجب ألا تكون هى نفسها السبب فى تآكل الخرسانة ، وعليه فيجب أن تكون هذه المواد الأيدروكربونية ذات تأثير كيميائى متعادل ، أى عديمة التأثير . إذ أن تأثيراً حامضياً قوياً يضر كلاً من الأسمنت وكذا حديد التسليح .

وعليه فإننا نكرر وجوب تجنب استعمال مواد القطران التى لا تحتوى على النسبة الكافية من الفينول .

إن المواد الأيدروكربونية إذا ما لصقت جيداً فوق سطح ما ، فإنها توقف تأثير المياه . فالمياه النقية ذات التركيز الأس أيدروجينى يقل عن ٦ تذيب الجير وبعض أنواع السيليكات مما حدا إلى استعمال أنواع الأسمنت المستحلبة للمنشآت تحت سطح الماء لتجنب وجود الجير القابل للذوبان .

أما المياه الحامضية وهى أساساً المشبعة بغاز ثانى أكسيد الكربون ، فإنها تحول جير الأسمنت البورتلاندى إلى بيكربونات الجير الذائب فيسبب تفكك وانحلال هذه المادة .

كذلك المياه الكبريتية التى تحتوى بالذوبان على كبريتات الجير المائية ، فهى تؤثر فى الأسمنت البورتلاندى المشبع بثلاثى سليكات الكالسيوم . كذلك عرفنا تأثير كبريتات الجير بداخل خرسانات الأسمنت البورتلاندى ، فبوجود الجير الحر الذى يذيب الألومين فيتكون كبريتات الألومونيوم ثلاثى الكالسيوم ملح مزدوج يحتوى على نسبة عالية من ماء التبلر مقدارها ٣٠ جزىء ماء هذا الملح قابل للتمدد إذا كان يحتوى على ألومنيات الجير الغير قابلة للذوبان .

إن دور الوقاية للمواد الأيدروكربونية ليس فعالاً فقط بالنسبة لخرسانة الأسمنت بل هو كذلك بالنسبة لحديد التسليح بداخل الخرسانة المسلحة . إن التأثير الكيميائى وتآكل هذا الحديد يحدث فى الأجزاء التى لا تلتصق مباشرة بالأسمنت فتعرى بنزع بعض أجزاء الأسمنت . وكذا بوجود الشقوق أو الأجزاء من الخرسانة التى كانت فى المبدأ غير محمية بصورة كافية ، أو كذلك عن طريق التعشيش ، وهو وجود فراغات بداخل الخرسانة وعدم تجانس أجزاء الخرسانة نفسها إذ يوجد الأسمنت فى بعض الأماكن بنسب غير كافية .

وفى هذه الحالة ربما يكون العلاج هو حقن الشقوق والثغرات الموجودة بالخرسانة بالمواد الأيدروكربونية حتى نحصل على طمس الثغرات ، وفى الوقت نفسه تغليف أجزاء الحديد المعراة .

إن المادة الأيدروكربونية المستعملة للحقن يجب أن تكون محضرة خصيصاً لهذا الغرض إذ إنه بهذا الشكل يكون دوره للحماية أكثر فاعلية لأنه ليس فقط يقوم بعزل الحديد من فعل المياه بل زد على ذلك أن له تأثيراً فعالاً مضاداً لتكوين الصدأ . والشكل (التالى أ) يبين طريقة معالجة الشقوق بالحقن .

وللقيام بالعمل توضع الحقنة داخل الشق بالاستعانة بقمع من الأسمنت المضغوط ، ويمكن أن تتم عملية الحقن على أعماق

كبيرة إذا ما سد الشق بوصلة مؤقتة من الأسمنت المضغوط على أن تكون الإبرة المستعملة للحقن بطول ٥٠ سم تقريباً .

والملاحظة الهامة الجديرة بالذكر فى عملية الحقن أنه لا يجب محاولة حقن مستحلب المواد الأيدروكربونية مباشرة تحت سطح الماء إذ إنها تتعرض للانفصال قبل دخولها بعمق فى الشق .

تأثير الاختراق الشعيرى للمـاء فى المون والخرسانات التى أساسها المواد الأيدروكربونية :

تنحصر المسألة فى عامل أساسى هو خاصية الالتصاق . وسنبين ذلك فيما بعد . فالخرسانة ذات نسبة التكاثف الحبيبى ٩٥٪ ومحضرة بمواد خلطة ومون ليست لها قابلية تصاهر كافية بالنسبة لبعضها ، وسرعان ما تتعرض للنحر بفعل الاختراق الشعيرى للماء ، مما يحدث نزع طبقات المواد الأيدروكربونية وينتج أن تعرى حبيبات الخرسانة بعد تشرب طويل المدة وبالتالى تفتت الخرسانة . ومن جهة أخرى فإن قوة المقاومة تتناقص بنسبة طردية مع الانتفاخ الذى هو الدليل على حدوث الاختراق الشعيرى وتبعاً لمدة تغطيس الخرسانة فى الماء فإن الرسم البيانى (ب) يعطى أولاً النسبة المئوية للامتصاص لمسام الخرسانة الأيدروكربونية ذات التكاثف الحبيبى العالى (هذا الامتصاص حدث سريعاً جداً وبدون انتفاخ) كما أنه يعطى نسبة الانتفاخ وحده التى بالعكس تتم بالتدريج بالانتزاع البطىء للمواد الأيدروكربونية والتلامس مع أسطح مواد الخلطة .

أما الرسم البيانى (جـ) فإنه يبين الهبوط فى قوة مقاومة الخرسانة ومنه يظهر أنه لانتفاخ الحجم بنسبة ٢٪ فإن الهبوط فى المقاومة يزيد عن ٥٠٪ ويمكن أن تصل إلى $\frac{٥}{٨}$ من قوة المقاومة الأولى .

وفـرة المون والخرسانـات البيتومينيـة بـالمادة الأيدروكربونية .

وسنبين ذلك فيما بعد أنه للحصول على عزل تام فإنه يجب توافر الخاصية الأساسية وهى خاصية الالتصاق ، ولكن هذا لا يكفى فالمركب الأيدروليكى المخصص للحماية لا يجب أن يتبع التغيرات الشكلية التى يتعرض إليها أو يجبر عليها مثل حدوث التشققات نتيجة نقصان فى مونة المادة .

وقد التبس الأمر مدة من الزمن بين الغنى بالمادة الأيدروكربونية وبين نسبة الاحتواء بهذه المادة بمعنى وجود ظاهرتين تختلف أو تتميز الواحدة عن الأخرى . فالمعروف أن خرسانة الزلط والرمل تحتوى على ٩٪ من المادة الأيدروكربونية تكون خرسانة غنية جداً بهذه المادة فى حين أن المون التى بها ٩٪ مادة أيدروكربونية تكون بالعكس مركب فقير جداً من هذه المادة الأيدروكربونية .

فالغنى بالمادة الأيدروكربونية ولو أنه يتناسب مع نسبة احتواء المركب به إلا أنه يتوقف على السطح النوعى للتكوين المعدنى للمركب .

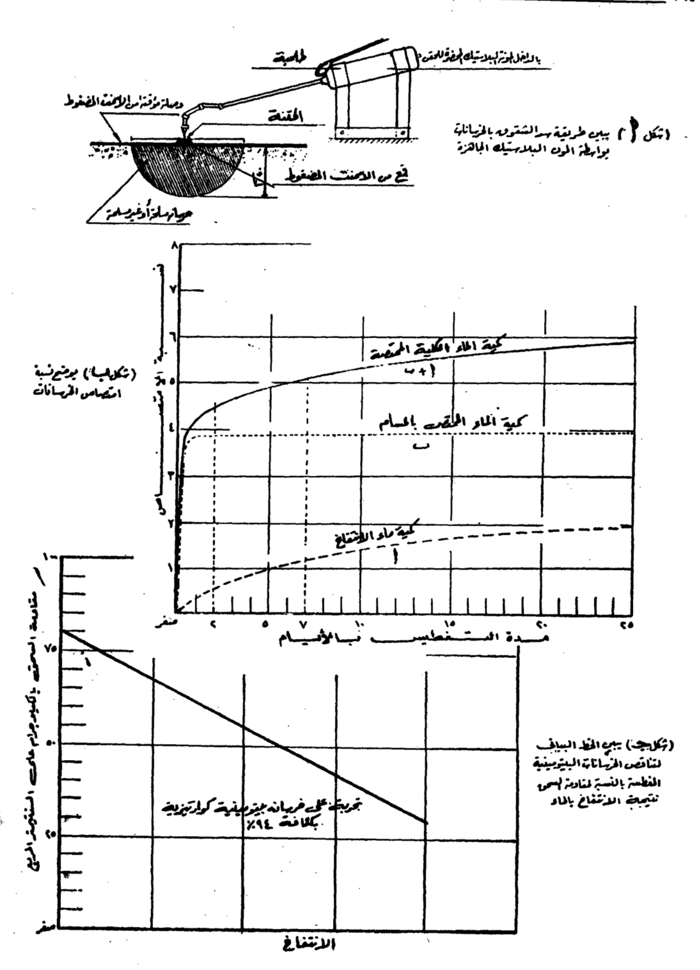
وقد ساد الاعتقاد مدة من الزمن أن الكمية الضرورية من المادة الأيدروكربونية لتغليف الحبيبات تتناسب مع السطح النوعى لهذا التكوين . ولكن فى الحقيقة إن الحبيبات الدقيقة فى الخرسانة يتم تغليفها بسهولة وتتطلب مادة أيدروكربونية أقل لتغليف الحبيبات الكبرى .

هذه الظاهرة وغيرها من الظواهر المتعلقة بالتوتر السطحى للشعيرات تفسر أن للمواد البيتومينية كمية المادة الضرورية جداً لتغليف الحبيبات يتناسب عكسياً مع الجزر الخامس للسطح النوعى لمواد الخلطة .

$$\text{فخارج قسمة } \frac{\text{نسبة البيتوم بالمركب}}{\sqrt[5]{\text{السطح النوعى للتكوين المعدنى للمركب}}}$$

يطلق عليه لفظة « دليل نسبة غنى المركبات البيتومينية »

فللحصول على مركبات بيتومينية قادرة لحماية وعزل المنشآت يجب أن يكون « دليل نسبة الغنى مساوى أو أقل من ٦ » .



(شكل أ) يبين طريقة سد الشقوق بالخرسانات بواسطة المونة البلاستيك الجاهزة

(شكل ب) يوضح نسبة امتصاص الخرسانات

(شكل جـ) يبين الخط البياني لتناقص الخرسانات البيتومينية المغطسة بالنسبة لمقاومة الضغط نتيجة الانتفاخ بالماء

الفصل الخامس
عزل المنشآت عن تأثير الماء

إن عزل المنشآت من أهم الأعمال الضرورية لحمايتها من فعل الماء . هذا العزل يجب أن يحقق التباعد التام بين الوسط المحيط وهو الماء وبين المواد المختلفة للمُنشأ حتى لا تدخل مع الماء في أى تفاعل كيميائى أو تأثير تبادل أيونى أو غيره ، فى الوقت نفسه يجب حماية المبنى من مياه النفاذ التى تغزوه . هذا النفاذ ولو كان بكميات ضئيلة جداً فإن التهاون فى وجودها قد يؤدى إلى نتائج وأضرار وخيمة .

فالمبنى الموجود تحت الماء يتعرض إلى نفاذ الماء بداخله تحت ضغطٍ يتناسب تناسباً طردياً مع ارتفاع عمود الماء فوق المبنى أن ارتفاع الماء ١ متر يعطى ضغطاً يعادل ١٠٠٠ كيلو جرام على المتر المسطح للأوجه الخارجية للمبنى سواء كانت أفقية أم رأسية .

والعزل يتم بإحدى الصيغتين الرئيسيتين :

١ - العزل الديناميكى :

وفيه يلجأ إلى دفع هواءٍ مضغوطٍ داخل المبنى لمعادلة ضغط الماء الواقع على أسطحه الخارجية والوقوف ضد نفاذ الماء إلى الداخل تحت تأثير هذه الضغوط الخارجية . هذه الطريقة تشابه طريقة العمل داخل الصندوق السابق ذكرها والتى بها أمكن بزيادة ضغط الهواء فى الداخل منع دخول المياه .

ولكن عملياً أن نسبة زيادة ضغط الهواء بالداخل محدودة بقدرة تحمّل الإنسان للضغوط مما يضطّرنا إلى قصر استعماله على الأعمال التى يمكن تدريب شاغليها على تحمل زيادة الضغوط ، كما هو الحال فى حالة العمال المشتغلين داخل الصناديق فى حجرة العمل ، والذين بالتعوّد يمكن أن يصل تحمّلهم للضغط إلى ستة ضغوط جوية .

٢ - العزل الإستاتيكى :

وفيه يستعمل مواد تمتاز بصفة عزل الماء وتدخل فى صنع الهيكل الخارجى للمنشأ . وهذه إما تختلط مع مادة البناء أو تستعمل ككسوة أو تجليد cuvelage للحائط الخارجى للمبنى من الخارج أو الداخل هذه المواد تؤكد وحدها صفة العزل للمبنى جميعه وتمنع تسرب الماء إلى داخله .

وسنفرد هذا الباب إلى الحديث بصفة خاصة عن العزل الإستاتيكى .

إن العزل عملية شاقة ودقيقة يجب أن تنفذ بطريقة مضبوطة وبعناية فائقة وإنه فى مثل هذا النوع من العمل يجب مراعاة التعاون التام بين مقاول البناء ومقاول أعمال العزل . إذ أن كلاً منهما يكمل عمل الآخر كما وأن عمل كلٍّ يجب أن يحمى الآخر .

تعزل المنشآت إستاتيكياً عن فعل الماء بإحدى الطريقتين :

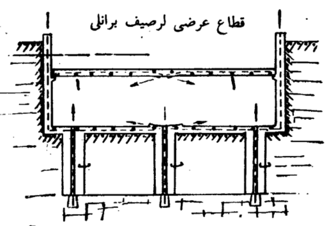
أ - تشييد الحوائط الخارجية للمبنى من مواد لها درجة عالية لعزل الماء :

مثل المعادن كحديد الزهر والحديد الصلب والنحاس والرصاص وبعض السبائك المكونة منها ، وكذا الخرسانة المسلحة سابقة الإجهاد ، هذه المواد كلها يمكنها أن تفى بالغرض إذا ما استعملت استعمالاً صحيحاً مع عدم وجود أى مَنْفَذ للماء يمكن أن يسلكه إلى الداخل .

هذه المعادن يمكن استعمالها بشكل ألواح ذات سمك كاف تُلحم فيما بينها بالكهرباء كما أن بعضها كالنُّحاس مثلاً يمكن أن يستعمل على شكل شرائط تلفّ حول المبنى بعد تغطية سطحه الخرسانى الخارجى بمحلول بيتومينى من طبقتين مكوناً حائلاً كيميائياً . هذا المحلول البيتومى يساعد على التصاق طبقة المعدن العازلة مع دهان سطح المعدن بعد تمام لصقه بطبقة بيتوم ساخن لحمايته ، إن وصلات الشرائح المعدنية المتجاورة تتم بركوب ٦سم من هذه الشرائح فوق بعضها وتلصق كذلك بالبيتوم الساخن . هذه الطريقة من الوصل لا تمثل نقطة ضعف بالنسبة للعزل ، فقد عملت عدة تجارب بمعامل مدرسة التكنولوجيا بمدينة إستوت جارت stuttgart بألمانيا على عينة من وصلة نفذت بشرائط النحاس وعُرّضت إلى ١٢ ضغطاً جوياً دون الحصول على أقل أثر لنفاذ الماء .

حديثاً أمكن الوصول إلى درجة عالية لعزل المنشآت بتنفيذها بالخرسانة سابقة الإجهاد وبذلك أمكننا الاستغناء عن وضع مواد العزل التى كانت متبعة من قبل ، كما سيأتى شرحه بهذه الطريقة ، نفذ رصيف برانلى Branl بباريس . إن أبعاد الجزء السفلى للرصيف ٨٠×٢٢م وارتفاع ٨م. يتعرض هذا الرصيف وقت الفيضان إلى ضغط إيدرو إستاتيكى يعادل ٧متر - كما فى الشكل التالى يمثل القطاع العرضى للرصيف وكله من الخرسانة سابقة الإجهاد التى يحصل عليها بشد كابلات فى كلا الاتجاهين . فالإجهاد الطولى تم بشد الكابلات المرموز لها بالحرف (أ) وعلى ذلك فالخرسانة جميعها مضغوطة فى جميع أجزائها وبذلك نضمن عدم حدوث أى شروخ أو نفاذ الماء إلى داخل هيكل الرصيف ، يرتكز هذا الرصيف على آبار صبت بالخرسانة ،

وارتكزت على تربة جيرية صلبة . شدّت بداخل هذه الآبار كابلات (ب) ربط طرفها العلوى بهيكل الرصيف وذلك لتجنب قوة الدفع إلى أعلى وقت الفيضان .



ب – استعمال طبقات من مواد عازلة لحماية المنشآت من تسرب الماء بداخله :

إذا ما كان المنشأ مشيّداً بالخرسانة أو المبانى الحجرية فلحمايتها من فعل الماء يلجأ إما إلى إدخال مواد خاصة فى نفس خلطة الخرسانة أو بتغطيتها بطبقة من مواد عازلة تلصق على الحائط الخارجى للمبنى ، على أن تغطّى بدورها بطبقة خرسانية لحمايتها من السقوط . هذا ما يسمى بطريقة التجليد ، كما سنرى فيما بعد أن المواد العازلة هذه يجب ألا تدخل فى أى تفاعل كيمائى مع الماء المحيط أو مع الخرسانة نفسها . قديماً كان يُلجأ لحماية المنشآت أثناء تنفيذها إلى ألواح من الصلب تُترك مفقودة فوق المبانى . ثم استعيض عن ألواح الصلب بطبقات من مواد مرنة قابلة للتلاحم فيما بينها وبهذه الطريقة حُلّت مشكلة الحماية ثم استعملت نفس طبقة الحماية للوصول إلى عزل مستمر .

حالياً يتم العزل للمنشآت الخرسانية أو الحجرية عادة باستعمال المواد الأيدروكربونية الثقيلة التى توجد للاستعمال على نماذج مختلفة ، أو أسفلت سائل أو مجموعة مركبات متعددة الطبقات أو مجموعة طبقات من اللبّاد المشبّع بالبيتومين . كما أنه يمكن الوصول إلى العزل باستعمال طلاءات داخلية من مواد مانعة لتسرب الماء كما سيأتى شرحه فيما بعد عند التكلم عن نماذج طبقات العزل .

وقبل التكلم عن هذه المواد الأيدروكربونية وطرق العزل بها ننوه إلى أننا سنبين فى الباب السابع تأثير أنواع الماء المختلفة على الأسمنت والخراسانات وقوة احتمال كل منها . هذا التأثير إما كيميائياً أو ميكانيكياً – كما سنذكر مدى التأثير الميكانيكى بالنسبة لبعد المنشأ عن سطح الماء الذى يختلف فى المبانى الغاطسة عنه فى المبانى النصف غاطسة والمبانى التى تقع فى المنطقة ما بين مستوى المد والجزر .

العزل باستعمال المواد الأيدروكربونية :

يتلخص العزل باستعمال المواد الأيدروكربونية فى تحقيق اتحاد فعّال ومستديم بين المواد الداخلة فى تشييد المبنى وبين مواد العزل . وهذه إما القطران أو البيتوم أو مركبات أساسها هاتين المادتين . إن المسألة إذن مسألة التصاق ، وحل هذه المشكلة يجب أن يحقق العزل وعدم نفاذ الماء للمبانى سواء الحجرية أو المشيدة بالخرسانة المسلحة وذلك باستعمال صحيح لهذه المواد التى أساسها المواد الأيدروكربونية المحضرة لهذا الغرض .

وفى الوقت نفسه على هذه المنتجات أن تحقق الحماية ضد تآكل مختلف المعادن المكوّنة لهيكل البناء مثل تآكل حديد التسليح أو تآكل الخرسانة الأسمنتية .

ويجب التحذير من تعرض طبقات هذه المواد الأيدروكربونية لقوى القص خوفاً من انزلاق الطبقات فوق بعضها .

والمواد الأيدروكربونية أهمها :

أ – القطران :

وهى تنتج من التقطير الإتلافى للفحم الحجرى أى تسخين الفحم الحجرى بمعزل عن الهواء وقبل الوصول إلى الناتج النهائى للتقطير وهو القطران الصلب الهش فإننا نحصل على قطران سائل يمتاز بصفة اللّزوجة . إن القطران المستعمل فى العزل يمكن اعتباره خليط من القطران الهشّ واللّزِج . وهذا فعلاً يمتاز بمقدرة عالية على الالتصاق والتماسك واللصق . إن قدرة الالتصاق تعنى الالتحام بالمواد الأخرى فى حين أن قدرة اللصق تتوقف على التلاحم الداخلى بين جزئيات المادة والتى بدورها تتوقف على درجة لزوجة المادة ، التى هى من الخواص الرئيسية المميزة لها .

ب – البيتومينات :

إنها مواد تختلف عن مواد القطران ، فهى إما تكون من أصل طبيعى كما فى بعض أنواعها أو تنتج من التقطير الإتلافى لخامة البترول ، إنها أجسام تشابه فى مظهرها المواد المتخلفة بعد التقطير الإتلافى للفحم الحجرى – ويمكن لهذه المواد أن تذوب فى زيوت البترول فتعطى مواداً لها مظهر مواد القطران .

إن البيتومينات السائلة أو الصلبة تتميز مثل مواد القطران بلزوجتها وبالتلاحم الداخلى بين جزئيات المادة والالتصاق بالأجسام الأخرى . وقبل التعرض لشرح خواص هذه المواد نتعرض إلى تعريف بعض المصطلحات وذلك لتحديد معناها الدقيق .

١ - المسامية :

يطلق على أى مادة إنها مسامية إذا كان الحجم الذى تشغله لا يُملأ كليّةً بالمادة التى تكوّنه ، أى يوجد فراغات يمكن أن تظهر على صور متعددة - ويمكن تقديرها فى مجموعها بالنسبة المئوية للحجم الكلى .

إن نسبة تكاثف حبيبات المادة هى الرقم المتمم لرقم النسبة المئوية للمسامية حتى يكون المجموع يساوى ١٠٠ - فمثلاً المادة التى نسبة مساميتها ٢٥٪ تكون نسبة تكاثف حبيباتها ٧٥٪ .

وليس من الضرورى أن تكون المسامية دليلاً أو سبباً لتعييب المادة . فالمسام والفراغات والفجوات لا تمثّل خطراً إلا بمقدار التلف والإقلال من قوة مقاومة المادة الناتج من اتصالها بالسطح الخارجى .

إن الخرسانة بها فجوات كما أنه بها مسام - ولكنها إذا ما حضرت حسب أصول الصناعة فإنها تكون عازلةً لنفاذ الماء .

إن المون الداخل فى تكوينها الرمال الناعمة تعتبر مسامية وقليلة العزل لنفاذ الماء . وبصفة عامة يجب تجنب المسامية العارضة أثناء تحضير الخرسانات إذ غالباً ما تكون السبب وفقاً لخاصية النفاذ بالاحتفاظ بنسبةٍ ولو قليلة من الماء .

٢ - النفاذ :

يقال لأى مادة إنها منفّذة لسائل ما إذا ما أمكن لهذا السائل من اختراق والدخول فى مسام هذه المادة .

وتتوقف ظاهرة النفاذ هذه على النسبة المئوية للفراغات المتصلة بالخارج فهى تزداد طردياً بزيادة أقطار قنوات التوصيل .

٣ - الخاصية الشعرية :

إن الخاصية الشعرية لمادةٍ ما مثل خاصية النفاذ كلاهما يتوقف على النسبة المئوية للفراغات المتصلة بالخارج - ولكن بدلاً من أن تتغير تغيراً طردياً مع أقطار القنوات الموصلة للفراغات بالسطح الخارجى فإنها تتغير تغيراً عكسياً .

ففى الخاصية الشعرية تتناسب طردياً مع الشد السطحى الذى هو صفة ذاتية للسائل . هذا الشد السطحى ليس هو الذى ينظم الدخول الشعرى للسائل فى المادة ، بل خاصية هناك تتوقف على كل من السائل والمادة ، وهى ما يطلق عليها بالشد بين السطحين أو بمعنى آخر أن عملية دخول السائل فى المادة بالخاصية الشعرية يتوقف على قابلية تبلل المادة بالسائل الذى يخترقها . هذه الحقيقة هامة جداً كما سنرى فيما بعد .

٤ - صفة العزل :

إن أى مادة عازلة يمكن أن تكون مسامية ، ولكن يشترط أن تكون غير منفذة وخالية من المصاهرة الشعرية للسائل الملامس ، فإذا ما كان السائل هو الماء فهذه المواد لا يجب أن تكون هيجروسكوبية أى منفذة للماء . هذان الشرطان الضروريان ليسا كافيان ، فالمادة لا يجب أن تكون غير منفذة أو غير هيجروسكوبية فحسب ، ولكن إذا ما بقيت مغمورة فيه فإنها لا تتأثر حتى لا يتغير تكوينها مع الزمن بفعل التأثيرات الممكن تداركها والتى تنقسم إلى النوعين الآتيين :

(أ) التآكل : هذا التآكل يجب أن يقل إلى حده الأدنى ما أمكن وأن يكون فقط سطحياً .

(ب) الانبعاجات والتغير فى الشكل :

وهى الناتجة من التقلصات ومن التمدد أو الحركة للمواد نفسها أو حركة هيكل البناء . فى هذه الحالة يجب أن تكون المواد إما ذات مرونة كافية حتى لا يحدث بهذه المادة أى شروخات وفى هذه الحالة يطلق على المادة أنها مرنة أى قابلة للاستطالة .

الخواص الموحدة والخواص المختلفة بين المواد الناتجة من الفحم الحجرى والمواد الناتجة من البترول :

إن مواد القطران فى العادة أكثر قابلية للالتصاق من المواد البيتومينية ، إلا أن تعرضها للقدم يكون سريعاً وذلك بتبخر زيوتها الأكثر قابلية للتبخر عن زيوت البترول إذا ما قورنت ببعضها عند درجة لزوجة متساوية . إن درجة اللزوجة للقطران تتغير تبعاً لتغير درجة الحرارة بنسبة أكثر عنها بالنسبة للبيتوم ، أى أن مواد القطران أكثر حساسية لفروق درجات الحرارة . كما أنه بالنسبة لأنواع البيتومينات يلاحظ أن أنواع البيتوم المؤكسد أقل حساسية لفروق درجات الحرارة من البيتومينات الناتجة من التقطير المباشر للبترول . هذه البيتومينات تقاوم بطريقة أحسن عوامل القدم وذلك بفعل الأكسدة كذلك مما يجدر ملاحظته أن الشد السطحى للجزئيات بالنسبة لمواد القطران تظهر بوضوح أعلى من الشد السطحى لمواد البيتوم التى فى نفس درجة اللزوجة وتبعاً لذلك أن الضغوط الشعرية لكل من مواد القطران والبيتوم التى تتناسب مع الشد السطحى فإنها تختلف بنفس النسبة . ففى التوسط أن الشد السطحى لمادة البيتوم أقل بنسبة $\frac{٢}{٣}$ منها لمادة القطران فى نفس درجة اللزوجة .

وأخيراً أن مواد البيتوم ومواد رواسب البترول يمكنها أن تذوب بطريقة أفضل من ناحية الالتصاق فى زيوت القطران ولكنها يعتريها القدم بسرعة . وبالعكس لا يمكن إذابة مواد

رواسب الفحم الحجرى بالزيوت المستخرجة من البترول ، فالشد السطحى لهذه الزيوت الأخيرة ليس مرتفعاً بدرجة كافية .

خاصية الالتصاق للمواد الأيدروكربونية :

من الناحية التى تهمنا يعتبر الالتصاق الخاصية الأساسية للمواد الأيدروكربونية ، والمقصود بالالتصاق ليس فقط التلامس البسيط لقشرة مرنة فوق سطح صلب كالمعروف بالتلامس الميكانيكى ، حيث لا يوجد التصاق حقيقى . فالقشرة المرنة يمكن أن تظهر ملصوقة جيداً تحت مختلف التأثيرات (كالضغط الجوى أو التصاق جسمين بسبب خشونة سطحيهما الخارجيين) ، ولكن فى الحقيقة فى هذه الحالة لا يتحقق التلامس الحقيقى بالمرة لأن قشرة مادة العزل التى ليس لها ملاءمة للالتصاق تتقلص بفعل الانقباض الغروى مسببة التبخر للسائل المذيب أو التجمد للمادة المستحلبة أو تبريد لمادة العزل الساخنة .

إن قشرة مادة العزل لها كذلك خاصية الشد ، وبالشد تتضح الحقيقة فى عدم الالتصاق لأن الغشاء المرن المشدود لا يرتكز إلا على رؤوس نتوءات متناهية فى الصغر الموجودة على السطح الخارجى للبناء ؛ وعليه فتوجد دائماً مسافة حرة بين طبقة العزل والسطح الخارجى للمبنى يمكن تحديد سمكها المتوسط ولو أنه صغير جداً بمقدار $\frac{1}{10}$ أو $\frac{1}{100}$ من الميكرون .

فإن لم يكن هناك تلاصق فبالتلامس مع الماء ووجود ثغرة ولو كانت متناهية فى الصغر فإنه تحدث ظاهرة تشرب بالامتصاص الشعيرى . إن الضغط الشعيرى مرتفع جداً ويزداد كلما قل السمك الشعيرى ، وبالعكس . ففى هذه الحالة فإن سرعة الاختراق تكون أكثر بطء تبعاً لتأثير لزوجة السائل النفاذ وتكون النتيجة انتفاخ القشرة المرنة العازلة ثم انتزاعها وتلف كل الطبقة العازلة .

إن الالتصاق خاصية لا تتوقف فقط على التلامس الميكانيكى لسطحين . بل تتوقف كذلك على قابلية المصاهرة والملاءمة لجزئيات مادة الطبقة العازلة مع جزئيات المادة الصلبة للسطح الخارجى للمبنى والذى يحدث ليس فقط تلامس عام ، بل يحدث تلامس فردى جزئى لجزئى . ولما كانت جزئيات سطح المبنى الصلب ثابتة الاتجاه فإن الجزئيات المصاهرة لها من السائل تهيىء وضعها فى الاتجاه الذى يحقق التلاصق التام . هذا التلاصق يخضع دائماً لقوانين التكافؤ الكيميائى .

وعليه فخاصية الالتصاق ليست ظاهرة ميكانيكية ، ولكنها ظاهرة كيميائية بحتة أو طبيعية كيميائية حسب الحالة .

إن المواد الأيدروكربونية وخصوصاً البيتوم هى مواد قليلة النشاط من الناحية الكيميائية .

فمواد القطران والبيتوم فى حالتها الطبيعية فى العادة ذات تأثير حامضى ضعيف ، ولذلك فلها قابلية للمصاهرة مع المواد القاعدية مثل خرسانة الأسمنت البورتلاندى أو خرسانة الأسمنت السوبر سمنت وكذا الجير والحجر الكلسى والحجر الدولومى la dolomie والخبث القاعدى الناتج من الفرن العالى وبعض المواد الأخرى .

وبالعكس فإذا ما لصقت مباشرة فوق المواد الحامضية فإنها تلصق بدرجة ضعيفة أو على الأقل يخشى دائماً من انتزاعها بواسطة النفاذ الشعيرى للمياه الملامسة . مثال ذلك مادة الكوارتز - والكورتزيت - والسيليس ، وكثيراً من أنواع الجرانيت والرخام - السماق ، وعموماً كثيراً من الصخور المتبلورة .

فلجعل المواد الأيدروكربونية لها القدرة على الالتصاق بالمواد الحامضية يجب إضافة كمية قليلة جداً عليها من منتجات خاصة تحقق الشد المطلوب يطلق عليها . أكثر هذه المنتجات استعمالاً هى الصابون الغير ذائب أو الأحماض الدهنية acides gras أو الصموغ الغير قلوية . إن الأحماض الدهنية لا تكفى لتحقق التصاق مواد العزل على المواد الحامضية ، ولكن هذا الالتصاق نحصل عليه تواً إذا ما وضع أو أدخل بين المواد الحامضية والأحماض الدهنية (التى تثبت على أسطح مادة العزل) مواد أساسها أملاح لا تذوب فى الماء مثل الجير . أما مادة الباريت barute وهذه تكون أسمنت لا يذوب فى المسافات بين المادة العازلة وسطح مادة البناء . هذا الأسمنت يمنع إحلال الماء محله .

حديثاً وجدت منتجات خاصة تسمى بالصابون الكاتيونى بإضافته لمواد العزل بكميات قليلة فتلتصق مباشرة على المواد الحامضية ، تكون سالبة التكهرب عند تلامسها بالماء فى حين أن مواد العزل لها غلاف خارجى موجب التكهرب نظراً لوجود قشرة من الصابون الكاتيونى على السطح بالعكس إن أنواع الصابون العادية تعطى غلافاً سالب التكهرب لا يمكن أن يلتصق على الغلاف السالب للمواد الحامضية إلا بإدخال مادة كاتيونية كالجير مثلاً الذى هو موجب التكهرب .

لم نتكلم فيما سبق إلا على خاصية الالتصاق لمواد العزل إذا ما وضعت على خرسانة الأسمنت أو الحجر أو ما شابه ذلك . أما فيما يتعلق بالمعادن وبالأخص حديد الصلب الذى يهمنا كثيراً فى المنشآت التى نحن بصددها فإن التصاق المواد الأيدروكربونية على حديد الصلب يتم بسهولة عن الالتصاق

بمادة حامضية . فالحديد المغطى بطبقة أكسيد خفيفة والذى يكون ذات تأثير قاعدى فإنه يلتصق بسهولة بمواد العزل التى تكون غالباً خفيفة الحامضية (الفينول للقطران – والأحماض النفتالينية للبيتوم) وإن الالتصاق يكون بنفس الدرجة لالتصاق مواد العزل بالصخور القاعدية .

ولا يفوتنا فى هذا المجال أن نذكر فيما يتعلق بأنواع القطران أنه من الأفضل أن يحتفظ القطران بنسبة ضيئلة من الفينول حتى يمكنها الامتزاج وتكوين عجينة متجانسة فوق الحديد الصلب والالتصاق به جيداً وبالعكس فإن زيادة نسبة الفينول فى القطران تمثل عيباً جسيماً . ولهذا السبب إذا لم يشر باستعمال أنواع القطران الخالية من الفينول فإنه يفضل أن تستخرج أو تتعادل كيميائياً .

وأما فيما يتعلق بمواد البيتوم فإن التصاقها بالحديد الصلب أقل درجة من التصاق مواد القطران ولكن من السهل أن تزيد من درجة التصاقه وذلك بإضافة كمية ضئيلة جداً من الفينول إليه وإضافة جزء صغير من زيت الفينول وعلى كل حال إن أنواع البيتوم المستعملة تحتوى دائماً على جزء طفيف يقدر بحوالى ٣ – ٥ ٪ من قطران الفحم الحجرى ، وعليه فنجده دائماً يحتوى على نسبة قليلة من الفينول . إن إضافة المنتجات مثل الأحماض الدهنية أو الصابون العادى ينحصر عملها فى تحسين التصاق المواد الأيدروكربونية بالصلب . وبالعكس فإننا نعتقد أن الصابون الكاتيونى لا يستحب فى مثل هذه الحالة .

أما فيما يتعلق بمواد الفينول وهى مواد الفينول الحقيقى ، ومواد الكريزول ومواد الزيلينول) فإن وجودها فى القطران بكمية قليلة جداً يحسن التصاق القطران بالمواد القاعدية كما هو الحال مع مواد البيتوم ولكنه يكون ضاراً بالنسبة للأسمنت البورتلاندى عند استعمال مواد القطران المحتوية على نسبة كبيرة من الفينول الذى بوجوده فى حالته الحرة يؤثر فى الجير الذى يطلق حراً وقت شك وتجمد الأسمنت مكوناً فينولات ذات النسبة العالية الذوبان نسبياً ، وعليه فينتج تآكل لخرسانة الأسمنت باستعمال القطران ذات النسبة العالية من الفينول ، مما يسبب ضرورة استعمال منتجات محضرة خصيصاً لمثل هذه الأعمال .

استعمال المواد الأيدروكربونية فى عزل وحماية المبانى الحجرية وخرسانات الأسمنت :

تستعمل المواد الأيدروكربونية كطلاء لعزل المون والخرسانات وحمايتها من تأثير الماء . ويمكن لمون الأسمنت أن تطمث مسامها بالنسبة للماء . بمعالجتها بمواد أيدروكربونية على درجة كافية من السيولة ، ولكن يجب أن تكون مسامها بحيث تمكن للمادة الأيدروكربونية السائلة الدخول فيها .

وعليه يمكن التفكير فى إدخال مادة القطران ذات درجة لزوجة معينة بين مسام خرسانة الأسمنت حتى تكون عازلة ، أو إدخال بيتوم سائل بنفس درجة اللزوجة سواء كانت ساخنة أو باردة .

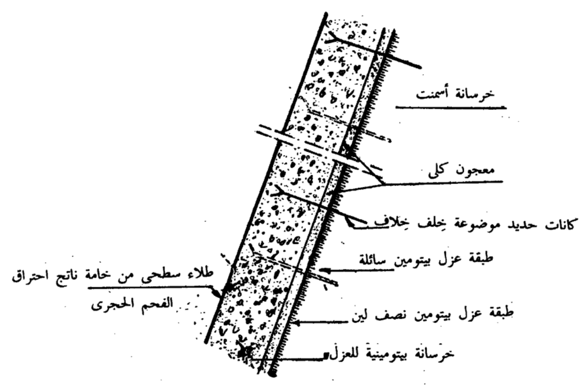
إن المواد الأيدروكربونية العازلة لكى تخترق مسام طبقة خرسانة الأسمنت يجب أن تكون سائلة بدرجة كافية حتى تسمح عند مرور الماء فيها بتكوين مستحلب . بخلاف ذلك يجب أن تكون هذه المواد الأيدروكربونية لها درجة معينة لامتصاص الماء أو أن تكون قادرة على التوغل والدخول فى المسام فى حالة وجود طبقة أو قشرة رقيقة من الماء على أسطح الشعيرات . وعليه فيجب أن تكون بالمواد العازلة نسبة خفيفة من الفينول أو تعالج بالأحماض الدهنية مع خلوها من المواد التى تسبب الاستقطاب ومبللة بدرجة كافية كما تسمح للماء بأن يمر فيها مكوناً مع المادة الأيدروكربونية المستحلب المطلوب .

إن مستحلب البيتوم الذى يكون وحدة واحدة داخل الخرسانة فى وسط مائى لقطرات البيتوم ، المثبتة بإضافة صابون ، لا يكون أو يمثل مادة عزل يمكنها أن تدخل فى خلايا الخرسانة . وفى الحقيقة أن مستحلبات البيتوم فى الماء تنقطع على أسطح الأجسام حتى الأجسام المسامية ، لأن هذه الأخيرة سريعاً ما تستولى على الصابون المثبت للمستحلب بمجرد ملامسته ، وهذا الاستيلاء على الصابون دائماً ما يتناسب طردياً مع سمك الشعيرات .

وبالإضافة إلى ذلك فإن المستحلب باهظ التكاليف خصوصاً إذا ما أردنا تكملة العزل للسطح الذى مهد له بدخول مادة عازلة سائلة محضرة لهذا الغرض . فإذا كانت المادة العازلة السائلة أساسها قطران الفحم الحجرى خصوصاً إذا كانت تحتوى على محلول الكترووليتى ، وهنا يتحقق الالتصاق الكامل بين نوعين من المون ، ويتكون عند انفصالهما غشاء مكون من راتنج القطران الذى ينشأ بالتلامس مع البيتوم .

وبذلك نرى أن العزل بهذه الطريقة يمكن أن يستعمل كطريقة تماسك وتعليق طبقة من الخرسانة البيتومينية فوق مون وخرسانة الأسمنت . فمثلاً يوجد طريقة تتلخص فى البدء بتشبع المون والخرسانات بمادة خاصة سائلة من القطران يمكنها الدخول بين مسام المون والخرسانة حتى فوق الحوائط الرطبة . وتبعاً لدرجة مسامية الأسطح يفرش طبقة أو طبقتين من هذه المادة العازلة القادرة على الدخول بين المسام . وفوق أول طبقة يرش

بطريقة ميكانيكية مستحلب أو محلول البيتوم . كما أنه يمكن كذلك استعمال البيتوم السائل كما فى الشكل التالى ولكن يفضل مستحلب البيتوم لأنه يمكن اختيار نوع من البيتوم نصف طرى بدلاً من بيتوم سائل يحتاج لأن يجف . المهم هو أن يكون المستحلب ثابتاً بمادة مثبتة تكون طبيعته ونسبة الاحتواء تتوافق مع طبيعة ونسبة الاحتواء للمحلول الالكتروليتى بالقطران المحضر . والمهم هنا توافق النسب .

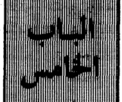


عزل حائط خرسانى باستعمال الخرسانة البيتومينية
طريقة التصاق خرسانة الأسمنت بالخرسانة البيتومينية للعزل

فوق هذا الطلاء من المواد الأيدروكربونية الخفيفة توضع طبقة طلاء بيتومينية رفيعة

فى بعض الحالات فإذا ما أردنا مثلاً حماية حائط سد فإنه يمكن وضع — فوق هذا الطلاء البيتومينى — طبقة من خرسانة بيتومينية للحماية ، محضرة بطرق خاصة (تمتاز بزيادة نسبة البيتوم فى الخرسانة) كما أنه بدلاً من استعمال مونة أو خرسانة بيتومينية فإنه يمكن استعمال طلاء من المادة النقية يلتصق بالأسمنت بطريقة كاملة يدخل فى تكوينها الرمل أو كسر الرخام السماق حسب طرق التنفيذ المعروفة .

وبالرجوع إلى التكلم على مواد تشبع الخرسانة أو مونة الأسمنت نقول : إن هذه المواد لا يجب عليها فقط أن تدخل فى مسام خرسانة الأسمنت وتلتصق بها (تقريباً كطريقة دخول النبات بجذوره فى داخل التربة) بل الإضافة إلى ذلك يجب على هذه المواد ألا تفسد وتضعف من قوة مقاومة مونة أو خرسانة الأسمنت كما يجب ألا تحدث أى تآكل .



الباب الخامس

الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الغير إنشائية

الفصل الأول
الإصلاحات الغير إنشائية

معنى الإصلاحات الغير إنشائية هى التى لا تؤدى إلى زيادة قدرة العضو الخرسانى على تحمل الأحمال وتتلخص فى البنود التالية :.

تساقط الخرسانة :

ينتج تساقط الخرسانة من تعرضها لظروف جوية قاسية أو بيئية محيطة مضرة ، نتيجة لصدأ الحديد ، ضعف الخرسانة نتيجة عدم خلطها بالنسب حسب المواصفات وقلة تحملها مع الزمن ، ضعف خواصها الميكانيكية ولإصلاح هذا العيب يتبع الخطوات التالية :



شكل يبين تساقط خرسانة العامود وفخذ السلم

١) تختلف أساليب الإصلاح باختلاف المواد المستخدمة فهناك الإصلاح القائم على استخدام الراتنجات أو الإصلاح باستخدام الأسمنت والركام فى حالة إذا كان الإصلاح كبيراً أو باستخدام المونة فى حالة الإصلاحات الأصغر حجماً .

٢) إزالة جميع الأجزاء المفككة والزوايا الحادة والنتوءات الظاهرة والخرسانة الضعيفة حتى الوصول إلى سطح نظيف ومتماسك .

٣) تنظيف جميع المناطق المتضررة بالهواء أو بالرمل المضغوط وعمل شدات أو قوالب خاصة لاستخدامها عند إجراء الإصلاحات الكبيرة مع إزالة كل الأتربة أو أى مواد تمنع الالتصاق مثل الشحوم والدهون .

٤) يجب العناية بصفة خاصة بالخرسانة التى تساقطت نتيجة لتعرضها لمياه البحر أو المياه الجوفية أو أى مواد مضرة بالخرسانة وكذلك الأعضاء التى بها نسبة كبيرة من الكلوريدات إذ يجب فى هذه الحالة إزالة كل الخرسانة المحتوية على أيونات ضارة .

٥) يستحسن ربط الخرسانة أو مونة الإصلاح بالخرسانة القديمة فإذا لم يكن هناك صلب تسليح فى المنطقة المطلوب إصلاحها فيمكن استخدام مسامير ربط **dowels** تثبت بالخرسانة القديمة لربطها بالخرسانة الجديدة .

٦) دهان الخرسانة القديمة بمواد تساعد على حماية التسليح من الصدأ وإذ كانت هذه المواد محتوية على حامض فوسفوريك أو أية أحماض أخرى فيجب عدم استعمالها لاحتمال تفاعلها مع الخرسانة أو مونة الإصلاح ، ومن المواد التى يستحسن استعمالها :.

أ) البوليمرات وأحسنها البوليمارات الليثية **polymars latex** ويمكن استعمال مستحلب اللاتكس مع المونة ويدهن بها السطح حيث يتماسك اللاتكس والمونة على الأسطح تماسكاً جيداً ولا يتأثر بالرطوبة ويجب وضع المونة قبل أن يفقد المستحلب لزوجته.

ب) الراتنجات وأحسنها الإيبوكسى وتمتاز عن مستحلب اللاتكس بوجود فترة أطول قبل جفافها ولكن يجب الاحتراس الشديد من جفاف الإيبوكسى قبل وضع المونة بحيث لا تزيد المدة عن ٢٠ دقيقة بأى حال من الأحوال وفى بعض الحالات يتم خلط الإيبوكسى بالرمل الخشن لزيادة تماسكه مع الخرسانة أو المونة الجديدة .

جـ) مونة الأسمنت وتستخدم فى الإصلاح مباشرة بعد دهان السطح القديم وذلك بعمل روبة من الأسمنت بمادة ستايرين بونادين أو مستحلب أكريللك بنسبة جزء إلى جزئين من مونة الأسمنت بالوزن أو روبة الجنرال بوند السابق شرحها .

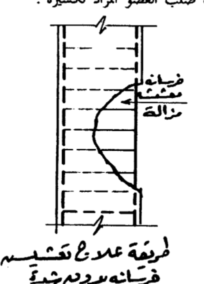
د) مونة البوليستر والأكريللك وهى أبسط كيميائياً من مونة الإيبوكسى حيث يتكون البوليمر بالتفاعل الكيميائى ويبدأ شرارة التفاعل عامل مساعد **catalyst** غالباً أكسيد **peroxide**

عضوى والمواد الأساسية لراتنجات البوليستر لها القدرة على الوصول إلى مقاومة كبيرة بسرعة على التصلد فى الأجواء الباردة ويوجد الآن راتنجات الأكريلك أحادى الجزئيات الأنشط من البوليستر فى التفاعل المؤدى إلى التصلد .

التعشيش :

يحدث التعشيش من وجود مسافة ضعيفة بين حديد التسليح لا تسمح بمرور الخرسانة ، نقص الدمك نتيجة توقف الهزاز وعدم وصول الغزغزة أو كان الصب يدوياً أو استعمال خرسانة جافة أكثر من اللازم أو حدوث شك مبكر للخرسانة أو استخدام خرسانة مضى على خلطها مدة كثيرة أو قلة عرض القطاع الخرسانى للكمرات التى بعرض ١٢سم أو حركة الشدة أثناء الصب نتيجة عدم التقوية عليها .

وقبل إجراء أى تكسير فى الخرسانة يجب عمل اختبارات لمعرفة مكان التعشيش بأى اختبار مثل الموجات فوق الصوتية أو اختبار بأشعة جاما أو يأخذ قلب خرسانى فى المنطقة المشكوك فيها ، وبعد معرفة مكان التعشيش يقتضى إزالة الخرسانة السطحية لكشف الخرسانة الداخلية المفككة ويستحسن صلب العضو إذا كان التكسير سيشمل منطقة كبيرة وإذا كانت الخرسانة المفككة غير مطابقة للمواصفات تستخدم فى الطريقة اليدوية للتكسير أو بطريقة الشنيور الكهربائى الذى يساعد على عدم تفكك الخرسانة السليمة بعد إزالته، وقبل هذه الإزالة يجب صلب العضو المراد تكسيره .



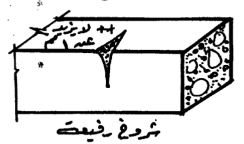
مواد الإصلاح :

١) الخرسانة الأسمنتية أو الراتنجية وتستعمل هذه الخرسانة إذا كان الجزء المزال كبيراً ويجب أن تكون الخرسانة غنية بالأسمنت مع تدرج حبيبى جيد للركام وأن تكون الخرسانة بها نسبة الماء إلى الأسمنت منخفضة وإلا تعرضت الخرسانة للتشرخ عند الانكماش ولكن يجب زيادة قابلية التشغيل بإحدى مواد الإضافة التى يخضع A.S.T.M-C-494 type A وعند تحضير الخرسانة يملأ الفراغ الناتج من التكسير ويتم الدمك جيداً فى حالة ما إذا كان السطح أفقياً ، أما إذا كان السطح رأسياً يتم وضع ألواح خشبية ومفتوحة من أعلا تشكل قمع ثم تصب الخرسانة حتى نهاية التكسير وزيادة . وفى اليوم التالى تزال الخرسانة الزائدة مع مساواة السطح .

٢) المونة الأسمنتية وتستخدم فى حالة الفراغات التى تقل عن ١٠ سم وتتكون هذه المونة : جزء أسمنت إلى ٣ أجزاء رمل ويستحسن استعمال إضافات لتحسين التماسك مع الخرسانة القديمة بالجديدة وفى كلا الحالتين سواء كان الإصلاح بالمونة أو بالخرسانة يجب دهان السطح القديم بروبة الجنرال بوند السابق شرحها فى أنواع خرسانات الترميم وفى حالة الفراغات الأكثر من ١٠ سم يتم الترميم بطريقة الرش gunite حيث تمتاز هذه الطريقة بضمان حدوث اتصال كامل بين المونة والخرسانة جيداً ثم يتم دهان مكان الصب وحوله بطبقة سميكة من المونة الأسمنتية المكونة من جزئين أسمنت إلى جزء من مادة الإستيرين بونادين أو ما يماثلها وإذا كان التعشيش سطحياً فبعد عملية التنظيف يدهن السطح القديم باستعمال المونة الأسمنتية الراتنجية التى تلتصق بسطح الخرسانة الرطبة وتكون المواد الراتنجية المستعملة هى الراتنجات الإيبوكسية والبوليريثان .

الشروخ الرفيعة الشعرية الغير نافذة :

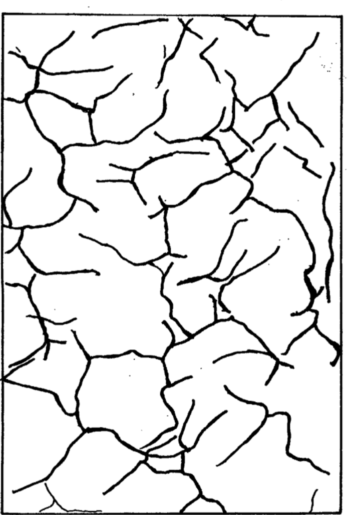
١) يمكن علاج الشروخ الشعرية الغير نافذة للأعماق كبيرة وبعرض لا يزيد عن ١مم والمنتشرة بشكل غير منتظم فى الأسطح الخرسانية والتى يتكون عادة من زيادة انكماش الخرسانة بدهانها عدة أوجه بمادة إيبوكسية منخفضة اللزوجة وفى جميع الأحوال يجب أن يكون سطح الخرسانة تام الجفاف ونظيف وخالى من أجزاء الخرسانة المفككة أو زبد الأسمنت وذلك بطريقة مدفع الهواء أو مدفع الماء ، وفى حالة استعمال مدفع الماء يجب ألا تعالج الشروخ إلا بعد الجفاف تماماً ويكون دهان الشروخ بالفرشاة ويستعمل فى الدهان مونة الأسمنت أو المستحلب اللثى . وهذه المواد تخترق الشروخ بحرية كبيرة ويمكن أن تملأها تحت تأثير الجاذبية إذا كانت الشروخ بأعلا الكمرة أو البلاطة .



٢) علاج الشروخ بطريقة التشرب بالتفريغ :

vacuum impregantion

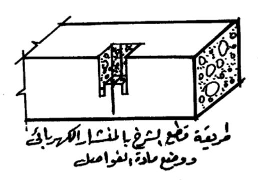
إذا كانت الشروخ الشعرية منتشرة بالعضو ويكون تدهور الخرسانة قريبة من السطح وفيها يتم تغطية الجزء التالف من العضو بغطاء من البلاستيك وتلصق جميع أطرافه بسطح الخرسانة جيداً ثم يتم تفريغ الهواء جزئياً داخل هذا الغطاء ثم تسلط أبخرة ذات لزوجة منخفضة للراتنجات تملأ داخل الغطاء ليملأ الشروخ وهذه الحالة تصلح عندما يكون دمك الخرسانة غير كاف وبشكل عام هذه الشروخ سطحية ولا يزيد عمقها عن ١ سم وبعرض ١مم .



شروخ لا تعالج إلا بطريق التشرب

الشروخ الظاهرة بالخرسانة :

عند وجود شروخ ظاهرة بالخرسانة والناتجة عن أسباب غير إنشائية فمن المفروض فى هذه الحالة أن الخرسانة جيدة النوع وأن الشروخ دقيقة ولا تمثل خطورة على استمرارية تحمل التسليح . فإذا تم معاينة الشروخ وكانت ناتجة عن سلوك طبيعى للمبنى ، فيجب معالجتها بعناية لتجنب الأضرار التى تنجم عن هذه الشروخ (مثل تسرب المياه خلال هذه الشروخ ، وعندما تكون الشروخ الشعرية عميقة وعمودية على اتجاه قوى الضغط فمن الضرورى إزالة كل الخرسانة المعيبة والتى فى حالة سيئة ، كما يجب إزالة الخرسانة المعيبة وقطعها كما فى الشكل التالى الذى يبين طريقة القطع بالمنشار الكهربائى .

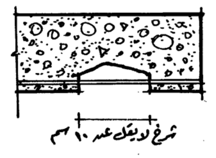


طريقة قطع الشروخ بالمنشار الكهربائى ووضع مادة الفواصل

ويتلخص فى الأساسيات الآتية :

إزالة االأتربة وطبقات الدهان أو الزيوت من على سطح الخرسانة للحصول على سطح متماسك والحصول على أجزاء قوية للأجزاء المقطوعة بحيث لا تكون زوايا القطع حادة جداً فتنكسر أو إزالة كل الخرسانة حول الأسياخ فى حالة وصول التحول الكربونى إلى أسياخ الأركان أو فى حالة وجود نسبة عالية من الكلوريدات فى الخلطة ولتشكيل القطع يتم الآتى :

لا يتم استعمال المطرقة اليدوية والأزميل إلا فى الحالات التى يصعب فيها استعمال المنشار الكهربائى الذى يصلح لتحديد عرض الشق فى حالة إصلاح صدأ الحديد فى مساحات كبيرة أو فى حالات وعند وجود الشروخ سطحية يتم توسعة الشروخ بالمنشار ويكون تفتيح الشروخ على هيئة ⌂ وتعتمد أبعاد الفتحات على عمق واتساع الشروخ ويجب تنظيف الشروخ وإزالة المواد المفككة بالهواء المضغوط إما فى حالة قطع الخرسانة لملء الشروخ السطحية العريضة بالمونة يدوياً فيعمل القطع بزوايا حادة لمنع تساقط المونة والشكل التالى يبين شرخ لا يقل عن ١٠سم بعد قطعه لإزالة الأجزاء المعيبة .

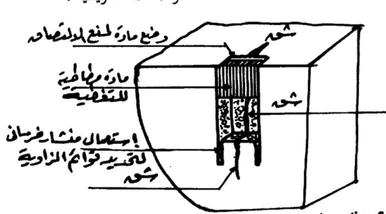


فتح الشروخ بإزالة الأجزاء المعيبة

فتح الشروخ لتغطيتها بمادة مطاطية : flexible sealing :

تستعمل طريقة فتح الشروخ لسدها فى حالة الشروخ الكبيرة نسبياً وتتلخص هذه الطريقة فى توسعة الشرخ عند سطحه بعمل شق بطول الشرخ باتساع يكفى لوضع المادة وهذه التوسعة بواسطة الشاكوش والأزميل أو بواسطة منشار الخرسانة بعرض لا يقل عن ٠,٧٥ سم حيث إذا كان الشرخ أضيق من هذا يصعب حشوه ، وبعد فتح الشرخ ينظف بواسطة مياه تحت ضغط لضمان خلوه تماماً من الأتربة ولا يوضع مادة ملء الفواصل فيه إلا بعد الجفاف مع وضع مادة لمنع الالتصاق كما فى الشكل التالى.

أما عن مادة الملء فيمكن استخدام المركبات الراتنجية أو بسائل البيتومين المائى الخاص بالفواصل ، ويمكن استخدام البيتومين الساخن ويجب اتباع مواصفات مادة الملء التى تخضع للمواصفات الأمريكية .



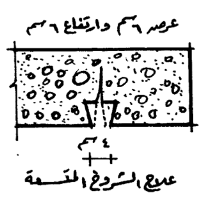
فتح الشروخ لسدها routing & sealing :

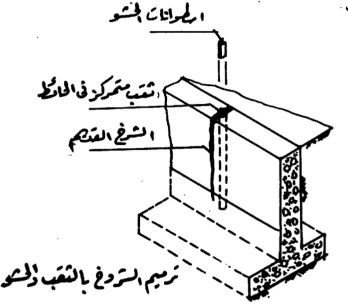
فى حالة الشروخ المتسعة والتى لم يكن هناك أى احتمال للحركة مستقبلاً وقبل الشروع فى ملء الشرخ لابد من عمل شق سطحى عريض عند الشرخ بعرض يتراوح من ٣:٤ سم وبعمق لا يقل عن ٦ سم وبعرض من أسفل لا يقل عن ٦ سم كما فى الشكل التالى وهذا النوع من الشروخ لا يصلح فيه المونة الجافة ويملأ يدوياً، وطريقة الملء هى أن تعجن العجينة بماء قليل حتى تأخذ شكل كورة ثم توضع هذه المونة فى الشرخ على طبقات لا تزيد عن ١ سم وتضغط جيداً وقبل وضع المونة يجب أن يكون مكان الشرخ نظيفاً من التكسير بواسطة الهواء المضغوط أو المياه وعندما تجف توضع روبة البوليمرية السابق شرحها لتساعد على التماسك بين الخرسانة القديمة والمونة الجديدة ويجب أن يكون محتوى الماء منخفضاً جداً فى المونة حيث أن نسبة الماء للأسمنت كلما قلت كلما كان الانكماش قليلاً .

ترميم الشروخ بالثقب والحشو :

Repair of crack by drilling and plugging :

تصلح هذه الطريقة إذا كان الشرخ رأسياً فى الحائط فيمكن عمل ثقب لا يقل عن ٢ إلى ٢,٥سم متمركز فى الشرخ ويجب أن يكون الثقب واسعاً ليوفر مساحة كافية لاسطوانات الحشو المصنوعة من الخرسانة سابقة الصب أو المونة ، ويتم تنظيف الثقب تماماً ثم يسد الشرخ من الخارج بمادة بيتومينية يمكن إزالتها ، ويتم ملء الثقب بمونة الحقن grout ثم يملأ الثقب بالاسطوانات السابقة الصب وفى حالة ما إذا كان عزل المياه مهماً أو سيحمل هذا العضو أحمال فيمكن ملء الثقب بمادة رجوعية كبيرة ومعامل مرونة أقل من المونة .

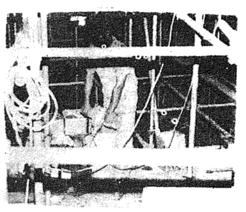




طريقة الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات الإيبوكسية :

تصلح هذه الطريقة فى حالة الشروخ الضيقة جداً من ٠,٠٥مم إلى ٠,١٥مم أو فى حالة الرغبة فى ملء الشروخ بمادة أكثر صلابة من مونة الأسمنت فيمكن استخدام طريقة الحقن بالإيبوكسى وتتلخص فى التالى :

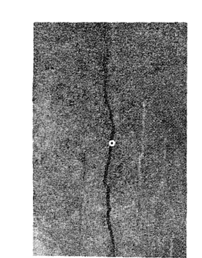
١) **خلط المركبات** : قد يلزم الأمر تقليب المركبات قبل خلطها للحصول على تجانس المركبات المخزونة ثم تخلط المركبات خلطاً جيداً قبل الاستخدام مباشرة ومن الأمور الهامة جداً الالتزام الدقيق بنسب الخلط للراتنجات الإيبوكسية طبقاً لتعليمات المنتج .



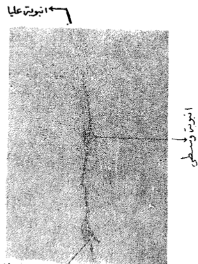
طريقة خلط مركبات الايبوكسى جيدا بماكينة الخلط

٢) **تنظيف الشروخ** : وهى عملية صعبة عادة خاصة للشروخ القديمة : وهى تتم عموماً بضغط الهواء النظيف الجاف (هواء خالى من الرطوبة والزيوت) .

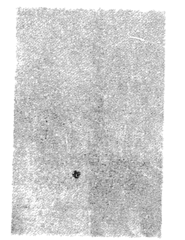
٣) **التجهيز لعملية الحقن** : توضع أنابيب الحقن فى نهاية الشرخ وفى ثقوب التهوية المجهزة على الشرخ على مسافات تتراوح بين ٢٠٠ مم، ٦٠٠مم ثم تثبت الأنابيب ويسد التشعير الظاهر من الشرخ بمونة إيبوكسية سريعة الشك وإذا كان الشرخ نافذاً إلى الجهة الأخرى فى الجزء الخرسانى (مسمع) فوجب سد الجانب الآخر بنفس المونة السريعة وقد يلزم الأمر توسيع الشرخ لتسهيل عملية ملئه .



الشرخ فى الخرسانة قبل العــــلاج



توضع أنابيب الحقن فى نهاية الشرخ وفى ثقوب التهوية على مسافات من ٢٠-٦٠سم



يتم التحبيش حول أنابيب الحقـــن بمونة ايبوكسية سريعة الشك

طرق الحقن الخاصة باستخدام الراتنجات الايبوكسية :

٤) **عملية الحقن** : يبدأ الحقن من الأنبوبة السفلى ويجب أن يظهر الحقن فى ثقوب (أنابيب) التهوية المتتالية التى يجب سدها بعد ملئها ويجب ألا يتوقف الحقن حتى يظهر فى الأنبوبة العلوية فى نهاية الشرخ ويجب ألا يكون الضغط عالياً جداً (حوالى ٥، M_{pa}) .



تبدأ الحقن من الأنبوبة السفلى ويجب أن يظهر الحقن فى ثقوب (أنابيب التهوية) المتتالية التى يجب سدها بعد ملأها ويجب الا تنقل ماكينة الحقن حتى تظهر مادة الحقـــن فى الأنبوبة العلوية وفى نهاية الشرخ ويمكن الانتقال الى الأنبوبة الوسطى اذا لزم الأمر وخاصة فى حالات الشروخ الممتدة

٥) **المعدات** : من المهم جداً تنظيف المعدات بعد الحقن بعناية كما يجب ألا تستخدم إلا المعدات النظيفة .

٦) **احتياطات الأمن** : تجنب وصول المواد الإيبوكسية للجلد والعين أو لبس القفاز والنظارة ويجب أن تكون هناك تهوية كافية .

وقف تقدم الشروخ والحقن بطريقة مثل السابقة :

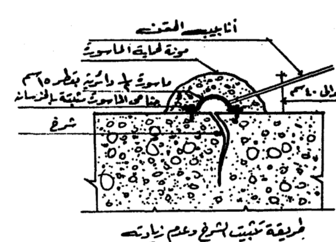
وتصلح هذه الحالة عندما يكون المطلوب وقف تقدم شرخ عن طريق تثبيته وحقنه بطريقة مماثلة للأنابيب وتتلخص فى التالى :

وضع نصف ماسورة فوق الشرخ بقطر ١٥ سم ولها جناحان وبهذه الأجنحة خروم بها مسامير لتثبيت الأجنحة على سطح الخرسانة والذى به الشرخ مباشرة وتوضع الماسورة على هيئة قطع وتكون متمركزة على الشرخ ويتم لحام المواسير مع بعضها ، وتثبت الماسورة بالمسامير على سطح الخرسانة .

– قبل البدء فى تثبيت الماسورة ينظف الشرخ جيداً بالهواء المضغوط ، وبعد تثبيت الماسورة أو قبلها يتم عمل خروم بالماسورة لتثبيت أنابيب الحقن ويستحسن أن تكون الأنابيب من نفس نوع معدن الماسورة .

– يحبش على الماسورة بمونة أسمنتية باليد وذلك لمنع تحرك الماسورة أو أنابيب الحقن .

– بعد جفاف المونة بثلاثة أيام على الأقل يبدأ فى الحقن تحت ضغط يضمن به لحام الشرخ كله .



طريقة تثبيت الشرخ وعدم زيادته

وقف تقدم الشروخ بطريقة الغرز :

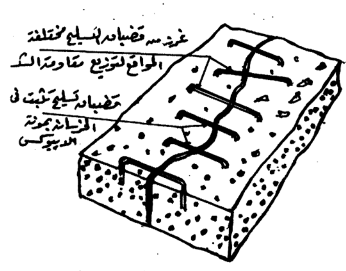
Repair of crack by stitching :

الهدف من عمل الغرز لاستعادة مقاومة الشد فى شق رئيسى عن طريق وضع تسليح على شكل غرز ويتم بالطريقة الآتية :

أ) عمل ثقوب على جانبى الشق ووضع تسليح على شكل حرف U .

ب) تتم الغرز بحفر ثقوب على جانبى الشرخ ولحام دبابيس التثبيت (قطع معدنية على شكل حرف ب) وفى حالة الأعضاء المعرضة للعزوم فينفذ فى الجهة المعرضة لإجهادات الشد .

ومن إيجابياتها زيادة صلابة المنشأ إذا تم تكرارها فى عدة مناطق ، ومن سلبياتها احتمال ظهور تشققات فى مواطن أخرى ولا تسد الشقوق ولكن تمنعها من الاستمرار فى الاتساع .



استعادة مقاومة الشد فى شرخ رئيسى بطريقة الغرز

إصلاح الشروخ بالحقن بمونة الأسمنت *

عندما تكون الشروخ أوسع من الشروخ التى تم حقنها باستخدام راتنجات الإيبوكسى فهذه الطريقة مثلها تماماً ولكن تكون قطر الأنابيب أوسع ، وللمسافات بين كل أنبوبة وأخرى

بمسافة من ٤٠٠ إلى ٦٠٠ مم ومادة الحقن تكون من الأسمنت والماء فقط أو من الأسمنت والرمل ويجب أن تكون نسبة الماء للأسمنت أقل ما يمكن لزيادة الإجهاد وتقليل الانكماش مع إضافة إحدى مواد الإضافة السابق شرحها لتحسين الشك workability وذلك لتقليل نسبة الماء ويمكن فى الأعمال الصغيرة استخدام مسدس الحقن اليدوى ويجب التأكد من تغلغل المونة المحقونة حتى آخر الشرخ .

إصلاح الشروخ بالحقن بالمواد الكيماوية : chemical grouting :

تصلح هذه الحالة فى الشروخ الوسط بين الضيقة التى حقنت بمادة الإيبوكسى وبين التى حقنت بالمونة الأسمنتية ومن مميزات مادة الحقن بالمواد الكيميائية أنها تصلح فى الأجواء الرطبة ، ومادة الحقن عبارة عن محاليل مكونة من مركبين كيميائين أو أكثر تتكون من تفاعلها مادة هلامية Gel أو رواسب precipitate أو رغوة foam ومن إيجابيات هذا الحقن الآتى :

أ) ممكن استعماله فى الأجواء الرطبة .

ب) له مدى زمن واسع للتحكم فى تصلد المادة الهلامية هذا بالإضافة أنه يستعمل فى إصلاح الشقوق ذات عرض صغير يصل إلى ٠,٠٥مم .

ومن سلبياته الآتى :

أ) ليس له مقاومة .

ب) يحتاج إلى مهارة عالية فى التشغيل وأنها تتطلب عدم حدوث جفاف شديد أثناء استعمال المبنى .

طريقة الحقن بالبوليمرات أو التشرب : Polymer :

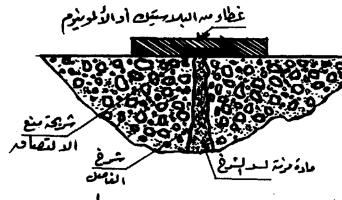
مواد البوليمرات السائلة أحادية الجزيئات monomer systems يستعمل فى ملء الشروخ وعلى درجة عالية من السيولة ولتشرب خلال الخرسانة الجافة فتتشربها الخرسانة كما يفعل الماء تماماً وهذه المادة تحتوى على مادة بادئة بالإضافة إلى المادة الأحادية الأساسية Basic monomer كما يمكن أن تحتوى أيضاً على مادة رابطة cross- linking agent وعندما يتم تسخين هذه السوائل الأحادية تتحد معاً مكونة مادة بلاستيكية متينة أو تؤدى إلى تحسين عدد من خواص الخرسانة .

وطريقة التنفيذ: يجب أن يجفف سطح الخرسانة ثم يغمر بالسائل الأحادى وعندما تمتلىء الشروخ يترك للبلمرة polymerize وقد استعملت هذه الطريقة فى إصلاح الكمرات المشرخة حيث تم تجفيف الشروخ وتغليفها بألواح معدنية غير منفذة للماء ولا تتفاعل مع السائل المستخدم وتم إغراق الشروخ بالسائل وتترك للبلمرة فتعاد الكمرة كما كانت واستعملت أيضاً فى الإصلاحات الكبيرة وفى المناطق المكسورة حيث تملأ الفجوة بالركام الكبير والصغير ثم تغمر بالسائل وبعد التبلمر يحصل على عضو خرسانى جيد .

السد بمونة مرنة : Flexible sealing :

الهدف منها إصلاح الشقوق النشطة active crack يتم الإصلاح بتوسيع الشرخ إما باستعمال المنشار الكهربائى وهذا الشرخ يجب توسيعه بمقدار يتناسب مع متطلبات العرض والشكل بفاصل ممدد مماثل عند السطح ثم تنظيفه بالسفح الرملى sand plast وتيار الهواء أو ماء متدفق jet أو كليهما ثم تملأ المنطقة بمادة مرنة أو مادة مطاطة مشكلة حسب عرض الشق من المطاط العادى أو البيتومين أو المطاط البيتومينى ومن التفاصيل المهمة فى الإصلاح بهذه الطريقة هو أن توضع مادة أخرى bond breaker تمنع الترابط بين مادة الإصلاح والخرسانة عند السطح كما فى الشكل التالى :

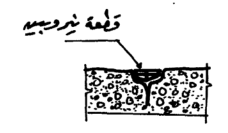
ويمكن بعد توسيع الشرخ وقبل ملئه يجب وضع شريحة لمنع الالتصاق فى قاع الشق وفائدة هذه الشريحة هو السماح للمادة المطاطة بتغيير شكلها عند اتساع الشرخ بدون حدوث تركيز فى الإجهادات عند القاع :



إصلاح الشروخ بمادة مرنة عازلة للسطح .

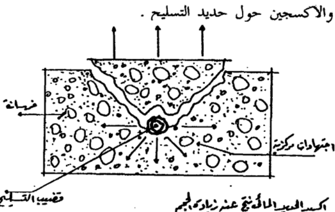
التغطية بمادة مطاطية :

عند توقع حركة مستقبلة ملموسة فى الشرخ فلا بد من توسيع الشرخ سطحياً لكى تكون مادة ملء الشرخ المطاطة أوسع بكثير من الشرخ نفسه لتقليل الانفعال الذى سيحدث بها إلى أقل حد ممكن أما عن طريقة النتوء فيتبع ما كتب سابقاً عن طريق التشرب والتنظيف وخلافه .



تأكسد حديد التسليح :

تأكسد حديد التسليح (الصدأ) هو العملية التى يرجع فيها الحديد إلى حالته الأساسية كخام مؤكسد وتؤدى القلوية العالية للخرسانة المحيطة بحديد التسليح إلى تكوين طبقة موجبة من أكسيد الحديد تقوم بحماية الحديد من الصدأ وعلى الجانب الآخر فعندما يكثر تواجد الأملاح فى الخرسانة فإن أيونات ملح حامض الكلوريدريك تبدأ مهاجمة طبقة الحماية وإضعافها حتى يصبح حديد التسليح معرضاً لعملية صدأ مباشر ، وهناك عوامل مهمة لاستمرارية عملية التأكسد (الصدأ) وهى الرطوبة والأكسجين ويمكن لهما الوصول للحديد من خلال غطاء الخرسانة concrete cover وبالتالى استمرارية تدعيم عملية التأكسد التى تعتمد على كمية وسرعة تواجد الرطوبة والاكسجين حول حديد التسليح .



اكسيد الحديد الناتج عنه زيادة الحجم
خرسانة
قضيب التسليح

شروخ وتصدعات نتيجة صدأ التسليح

خطوات إصلاح حديد التسليح :

إذا كان الصدأ قد تسبب فى نقص مساحة الحديد بأكثر من ٢٥٪ فيجب زيادة حديد التسليح فى القطاع ، وفى هذه الحالة يجب صلب العضو المراد زيادة الحديد له ويتبع الخطوات التالية :

أ) إزالة جميع الأجزاء المفككة والزوايا الحادة والنتوءات الظاهرة والخرسانة الضعيفة حتى الوصول إلى سطح نظيف .

ب) إزالة حديد التسليح المتضرر وإضافة حديد جديد ، وفى حالة تكشف أكثر من نصف محيط حديد التسليح بفضل إزالة الخرسانة دائرياً حول محيط الحديد .

جـ) تنظيف المناطق المتضررة بالهواء أو بالرمل المضغوط لإزالة جميع الأجزاء الضعيفة .

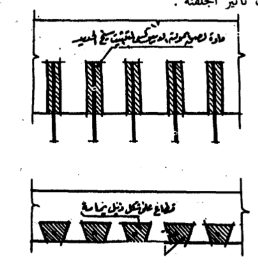
د) الطريقة المعتادة فى إضافة التسليح هو وصل الأجزاء المتآكلة من الأسياخ بأسياخ إضافية لاستعادة مساحة التسليح كما كانت ، ويجب أن يكون وصل الرباط لا يقل عن ٦٠ مرة قطر السيخ فى حالات الشد ، ٤٠ مرة قطر السيخ فى حالات الضغط .

هـ) فى بعض الحالات يفضل ربط الحديد الإضافى بحفر ثقوب فى الخرسانة ولحام الحديد الإضافى بداخلها باستعمال الإيبوكسى .

و) يمكن إضافة الحديد الإضافى عن طريق كانات على هيئة قطعتين منفصلتين يتم لحامهما أو وصلهما معاً بعد تثبيت كلاً منهما ، ومن الصعوبة عمل كانة بسيخ واحد .



ز) يمكن إضافة حديد تسليح إذا أمكن قطع الخرسانة وعمل شق على هيئة ذيل يمامة ، مثل ذيل اليمامة المستعمل فى تركيب حلوق النجارة ، ثم ينظف مكان التكسير ويوضع الحديد ، ثم تصب عليه مونة إيبوكسية ، وفى جميع الحالات يستحسن عدم استخدام صلب التسليح الغير قابل للصدأ أو الحديد المجلفن فى نفس القطاعات المستخدم فيها حديد عادى ، لأنه باتصالهما يمكن أن تزيد من معدل الصدأ فى أماكن القطب السالب المتغيرة بسبب تأثير الجلفنة .



فى حالة ما إذا كان الحديد لم يتآكل نتيجة الصدأ فيتبع الآتى :

أ) بعد التكسير والنظافة للخرسانة المعيبة يتم تنظيف حديد التسليح جيداً باستعمال فرشة سلك أو المثبتة لشنيور أو مسدس الرمل .

ب) يتم دهان حديد التسليح بإحدى المواد الآتية :

١) مونة أسمنتية ويستحسن ألا يدهن حديد التسليح بأى دهان قبل وضع المونة الأسمنتية ، لأن هذا الدهان سيصبح عازلاً بين الحديد والمونة ، ويستحسن إضافة روبة الجنرال بوند . وقد سبق شرحها . ويمكن إذا كان هناك وقت قبل صب المونة ممكن رش الحديد المدهون بالإيبوكسى برمل حرش نظيف كى يصبح الوسيط بين المونة التى سيتم صبها مستقبلاً من نفس نوع المونة .

٢) مونة أسمنتية بالبوليمرات أو اللاتكس .

٣) تستخدم دهان الإيبوكسى المكون من اتحاد مادتين كمانع للصدأ .

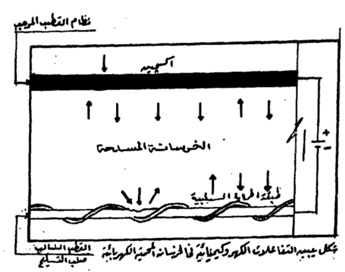
٤) هناك اتجاه لتفضيل الدهان بكروميد الزنك ، لأنه وجد أنه يوفر للحديد الحماية الأولية المطلوبة .

٥) يتم عمل غطاء خرسانى من خرسانة تتكون من الركام الرفيع الذى لا يزيد الحجم الأقصى لحبيباته عن ٥مم مع الرمل والأسمنت بنسبة عالية لا تقل عن ٤٠٠ كجم / م^{3} مع إضافات لزيادة السيولة . وفى بعض الأحوال يتم عمل الغطاء الخرسانى من المونة الأسمنتية البوليمرية أو المونة البوليمرية المسلحة بألياف الفيبر جلاس أو المونة الإيبوكسية .

حماية أسياخ التسليح كهربائياً :

وجد أن الحماية الكهربائية أكثر فاعلية فى وقف عملية الصدأ من الطرق التقليدية : وهذا النوع من الحماية يستعمل فى المنشآت الصحية ، وأن المبدأ الأساسى فى الحماية الكهربائية هو تقليل القدرة أو القابلية الكهربائية لصلب التسليح مما يقلل كثافة التيار فينخفض معدل الصدأ ، وعندما تخفض القابلية الكهربائية فلن يحدث تحول حديد إلى أيونات الحديدوز عن القطب الموجب ، ومن ثم تقف عملية الصدأ .

وللحماية الكهربائية يتم تثبيت قطب موجب على سطح الخرسانة ، ثم تحويل صلب التسليح بطريقة اصطناعية إلى قطب سالب بواسطة تيار من مصدر مستمر D.C-sourse فيتدفق التيار خلال الخرسانة من القطب الموجب إلى القطب السالب كما فى الشكل التالى .



شكل يبين التفاعلات الكهروكيميائية فى الخرسانة المحمية الكهربائية

الفصل الثانى
الشروخ الإنشائية

سبق أن تكلمنا عن طريقة فحص الشروخ والاختبارات المتلفة وغير المتلفة ، وسنتكلم هنا عن ما لم نتداركه سابقاً . وسنبدأ بطريقة تنفيذ الأعمال المساعدة لنجاح ترميم الشروخ الإنشائية وهى كالآتى :

١) **تجهيز السطح** : وفيها يتم إزالة الخرسانة والفتات الناتج عن إزالة الخرسانة قبل البدء فى سد الشروخ السطحية وذلك التنظيف باستخدام الرمال المتدفعة كى تؤدى عملية سد الشروخ دورها فى تحمل الضغط العالى أثناء الحقن ، وعدم تسرب الإيبوكسى إلى الخارج .

٢) **حقن المياه** : حقن المياه تحت ضغط يساعد على تنظيف الشقوق المتسعة من المواد السائبة ، وتقدير مدى التدهور وانتشار الشروخ وقياس كمية الماء المتدفق ومعدلاته ، وتعقب التدفق ومساراته .

٣) **تركيب أنابيب الحقن** :

سبق أن تكلمنا عن طريقة وضع أنابيب الحقن فى نهاية الشرخ ، ونضيف إلى ما سبق شرحه ، كلما كان الشرخ أقل اتساعاً كلما أصبح من الضرورى زيادة منافذ الحقن ، ويستحسن أن يكون المثقاب المستعمل فى حفر منافذ الحقن من النوع المزود بمصدر مياه دوار Water swivel بجوار رأس المثقاب حيث يؤدى اندفاع المياه أثناء عملية الثقب إلى غسيل المواد الناعمة وفتات الخرسانة من الثقب حيث لا تصبح هذه النواتج عائقاً فى تسرب تدفق الإيبوكسى فى الشروخ ، ويفضل أن يكون المثقاب من النوع المتصل بوحدة لسحب الهواء أثناء الثقب .

٤) **خواص المواد المستعملة فى الحقن :**

من المعروف أنه كلما زاد عمق الشرخ أو قل اتساعه كلما كانت مادة الحقن ذات لزوجة منخفضة ، ولا يصلح العمل فى هذا النوع من الشروخ إلا فى درجات الحرارة العالية ، وليس فى الجو البارد . ويكون هناك زمن تصلد كاف وخصوصاً فى حالة الشروخ الضيقة والعميقة حتى يمكن تغلغل الإيبوكسى فى الشروخ قبل تصلده . ويكون الزمن كافياً لعملية التصلد من ٤٥:٣٥ دقيقة . ويشترط فى هذه المادة أن يكون لها مقاومة تماسك عالية ومقاومة ضغط لا تقل عن مقاومة الخرسانة للضغط ، ولا تتأثر هذه المادة بالمياه ولها خاصية التماسك مع الخرسانة فى الجو الرطب وضمن هذه المواد الآتية :

أ) المونة الأسمنتية العادية : من المعروف والمهم إذا كان هناك عضو من الأعضاء لم ينته منه الصب لأى سبب من الأسباب فيجب قبل إعادة الصب مرة ثانية وضع مونة الأسمنت والرمل بنسبة ١ م^{3} رمل إلى ٣٠٠ كجم أسمنت ، وذلك لتغليف كل الركام وسطح الخرسانة المتصلدة القديمة . ويجب عمل الدمك الجيد .

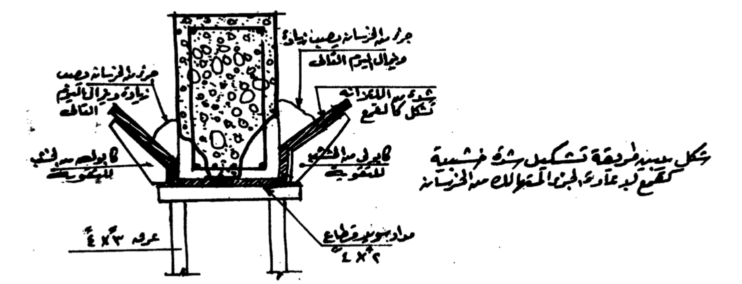
ب) يمكن استعمال مونة أسمنتية لا تجف بسرعة ، وذلك فى حالة إذا كان تثبيت الشدة يأخذ وقتاً طويلاً أو تعمل أجناب لكمرة ويطول وقت تثبيتها ، فوضع المونة بالصورة الأولى لا يصلح ، لأن المونة ستجف قبل نهاية إصلاح الشدة فيستحسن إضافة مادة إلى المونة لتزيد من الـ workability ويرجع إلى مواد الإضافة السابق شرحها وذلك بخلط هذه المادة مع الخرسانة أو المونة فى خلاطات سريعة لتقليل الهواء المحبوس إلى أدنى درجة ممكنة . ويرجع للمواصفة الأمريكية A.S.T.M-C.260 بهذا الخصوص .

جـ) استعمال راتنجات الإيبوكسى المتوافقة مع الماء :

وللمونة الإيبوكسية ميزتان الأولى : أنه يمكن تغيير تركيبها بحيث لا تتصلد بسرعة ، وبذلك تصبح مناسبة أكثر فى الاجواء الحارة من ٢٥°:٣٥° . والميزة الثانية : أنها تمنع تغلغل الكلوريدات من الخرسانة القديمة للجديدة بكفاءة أكثر من المونة الأسمنتية .

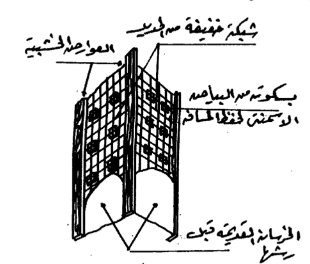
٥) **تقويم عملية الحقن :** يجب تتبع مادة الحقن داخل الشروخ بواسطة جهاز قياس حالة الشروخ ، وهذا الجهاز يمكنه قياس عمق الشرخ وتقدير عمق ونوع مادة الحقن الإيبوكسية اللازمة لإصلاح الشروخ . وأبعاد هذا الجهاز ٤٠٠×٣٠٠×١٠٠ مليمتر ووزنه ٨ كجم . ويمكن أخذ قراءات الموجات فوق الصوتية بعد انتهاء عملية الحقن ، فمن المعروف أن زيادة سرعة النبضات عن تلك المسجلة قبل الحقن فى نفس المواضع يعنى تواجد الإيبوكسى ووصول هذه السرعات إلى السرعة الخاصة بالخرسانة الجيدة يعنى أن القطاع الخرسانى استعاد قوته .

٦) **الشدة ذات القمع :** سبق أن تكلمنا عن الشدة الخشبية والتحفظات الواجب اتخاذها ، ولم نتكلم عن الشدة ذات القمع التى تستعمل فقط فى الإصلاحات ، وهذه الشدة تصلح لتوفير مدخل مناسب لصب الخرسانة . وفى كثير من الأحيان يصعب توفر هذا المدخل إلا باستخدام الشدة ذات القمع أو المنقار أو شكل صندوق البريد كما فى الشكل التالى ، والهدف من الجزء المتسع هو توفير مجرى مائل للصب ، وفى نفس الوقت مكان لإدخال الهزاز لدمك الخرسانة . وينتج عن هذه الشدة جزء زائد لأنه من خصائص هذه الشدة أن تكون فتحتها العليا أعلى من المكان المراد صبه ولإزالة الجزء الزائد يجب فك الأجناب فقط ثانى يوم وتكسير الجزء الزائد . يمكن عمل هذه الشدة من الخشب فى حالة ما إذا كان هناك متسع لعمل هذه الشدة . ويمكن عمل هذه الشدة من الحديد فى الأماكن الصعبة التى يصعب تدكيم الشدة الخشبية منها بصورة جيدة .



شكل يبين طريقة تشكيل شدة خشبية

٧) شبك التسليح : وتستعمل شبكة للتسليح عند رش الأسطح بالخرسانة ، ومن ميزة هذه الشبكة أن تكون خفيفة لمقاومة الانكماش ، وتثبت على الأسطح المراد رشها وسمك الغطاء الخرسانى فوق هذه الشبكة يتراوح من ٢:٥ سم ، ويمكن تخفيض الغطاء إلى من ٥ سم إلى واحد سم أو كان المراد إضافة حديد إضافى لهذه الشبكة فيجب تحاشى رص الحديد بكثافة مما يؤدى إلى عدم وصول خرسانة الرش إلى سطح الخرسانة الذى ستتماسك معه أو عدم تغليفها لكل الأسياخ الحديد . وللحصول على سمك ثابت لطبقة الرش عند رش الأعمدة والكمرات يمكن استعمال عوارض خشبية مثبتة عند أركان العضو .



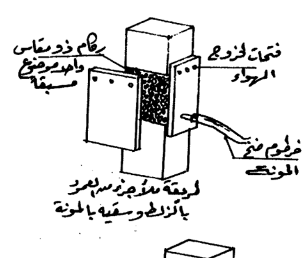
شكل يبين طريقة عمل شبكة خفيفة من الحديد لمقاومة الانكماش ورشها بالخرسانة

٨) الحقن على الركام موضوع مسبقاً :

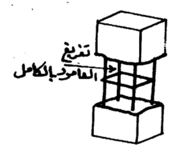
وتستعمل هذه الطريقة فى إحدى الحالتين التاليتين :

١) الإصلاحات تحت الماء ويتم هذا بعد إزالة الجزء المعيب ثم عمل شدة وملئها بالركام تحت الماء ويتم الحقن بالمونة حيث تحل المونة محل الماء الموجود داخل الشدة .

٢) استبدال جزء بالكامل من عامود خرسانة حيث يمكن وضع الركام مسبقاً حيث يملأ الفراغ الناشىء عن قطع وإزالة الخرسانة وهذه الطريقة تتم بحيث تكون أجناب الشدة من أسفل صماء وتكون مخرمة من أعلا جزء بحيث يمكن حقن المونة من أسفل تحت ضغط ، وتتسرب المونة داخل الزلط المتساوى فى الأحجام تقريباً حتى تظهر المونة من الخروم العلوية للشدة ، وبهذا نضمن أن المونة غلفت الزلط بالكامل .

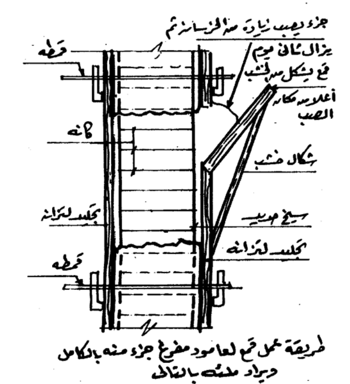


طريقة ملء جزء من العمود بالزلط وسقيه بالمونة



٩) تفريغ جزء من عامود وإعادة صبه :

تعمل شدة خشبية ويعمل له قمع من أعلا بحيث يصب الجزء المفرغ ويزاد جزء أعلا من الصب من الخرسانة ثم يزال ثانى يوم كما فى الرسم التالى .



طريقة عمل قمع لعامود مفرغ جزء منه بالكامل ويراد ملئه بالتالى



طرق ترميم وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة

فى بعض الأحيان تكون العناصر الإنشائية بها أضرار إما بعضها أو كلها مجتمعة وهذه العناصر هى :

أولاً : البلاطات ثانياً : الكمرات .
ثالثاً : الأعمدة رابعاً : الأساسات .

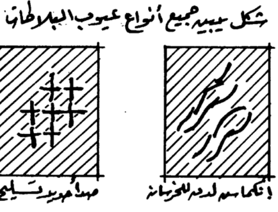
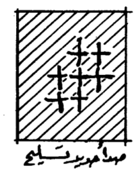
ويتم هذا الترتيب حسب أولويات التصميم حيث نبدأ بتصميم البلاطات ثم الكمرات ثم الأعمدة ثم الأساسات وسنبدأ بشرح كل بند حسب هذا التسلسل .

الفصل الأول

تدعيم البلاطات

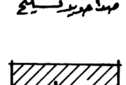
١) إضافة طبقة خرسانية أعلى البلاطة .
٢) إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة .
٣) إضافة كمرات حديدية I.[.U أو كمرات خرسانية .
٤) إضافة تسليح شد .
٥) إضافة حائط حامل .
٦) تقوية البلاطات الكابولية .
٧) تقوية البلاطة فى القص باستخدام ألواح الصلب ومسامير رأسية وسندرس كلاً منها على حدة والرسم التالى يبين جميع أنواع عيوب البلاطات .

شكل يبين جميع أنواع عيوب البلاطات

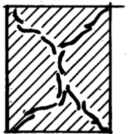



أحمال زائدة على البلاطة









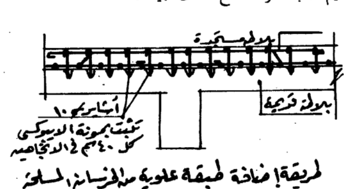

١ – إضافة طبقة خرسانية أعلا البلاطة :

هذا الحل عندما يكون العزم الموجب غير آمن أو عندما يكون الحمل الميت dead load الذى سيتم زيادته بإضافة الطبقة الجديدة ، تكون قيمته أصغر كثيراً من الأحمال الحية المحملة على البلاطة live load ومن ميزة هذا الحل أنه سهل جداً لعملية الصب والدمك ومقاومة العزوم السالبة المرتفعة ومن عيوبه هو إزالة الأرضيات فوق السقف المراد إصلاحه ويتطلب هذا الحل ربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة لأن الطبقة الجديدة ستشكل حملاً جديداً على السقف المتصدع وعدم توفير الحماية المطلوبة لصب التسليح القديم وعدم القدرة على استبدال الحديد المعيب ويتم التنفيذ كالآتى :

أ) يتم إعداد السطح وزنبرته وتنظيفه جيداً .

ب) إذا كان هذا السقف سيتحمل أحمال إضافية لبناء حوائط مثلاً فتشكل كمرات مدفونة بحيث لا يزيد ارتفاعها عن ١٥ سم وتربط هذه الكانات مع الحديد العلوى للكمرات القديمة ويصب السقف بسمك ٨ سم والزيادة فى الكمرات وهو ٧ سم يكون ضمن ارتفاع ردم البلاط هذا فى حالة إذا كانت هناك أحمال مستجدة وبهذا تظل الكمرات السفلية والبلاطات السفلية نظيفة من أى تكسير ويجب الربط بين الخرسانة القديمة والحديثة بمادة لاصقة توضع قبل الصب هذا بخلاف زيادة سطح التماسك بمسامير قص (shear connectors) إما بالدفع أو باستخدام مسدس خاص بذلك أو بعمل ثقوب تملأ بمادة لاحمة وبها أشاير تربط مع شبكة البلاطة المستجدة بهذا يصبح السقف القديم والجديد يعملان كوحدة واحدة .

جـ) فى حالة ما إذا كان السقف لا يتحمل أحمال إضافية توضع شبكة تسليح خفيفة وهو الحد الأدنى اللازم للانكماش مع الربط مع السقف القديم بأحد الطرق المذكورة سابقاً ثم يتم صب الخرسانة مع الدمك جيداً .



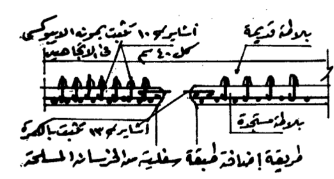
طريقة إضافة طبقة علوية من الخرسانة المسلحة

٢) إضافة طبقة خرسانية أسفل البلاطة :

من مميزات هذه الطبقة أنها تتم بعدم ضرورة إخلاء الدور العلوى وتوفير الحماية المطلوبة لأسياخ التسليح ومن عيوبها أن الحديد الأصلى لن يكون فى ناحية الشد وإنما سيصبح فى الوسط تقريباً من محور التعادل حيث يقل تأثيره مع صعوبة صب هذه الطبقة وتنفذ هذه الطبقة بالطريقة الآتية :

أ) يزال الغطاء الخرسانى وينظف حديد التسليح من الصدأ بواسطة فرشاة من السلك ، ويتم دهان سطح الحديد بمادة مانعة للصدأ .

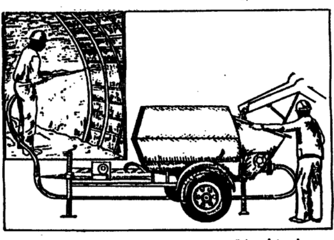
ب) توضع شبكة التسليح الجديدة وتشبك جيداً بأشاير رأسية تربط مع السقف القديم مع ملء الخروم بمونة الإيبوكسى ويتم دهان السطح بمادة تعمل على تماسك الخرسانة الجديدة والقديمة مع مراعاة عمل أشاير أفقية مع الكمرات كى يصبح الحمل الجديد موزعاً على الكمرات والبلاطات القديمة .



طريقة إضافة طبقة سفلية من الخرسانة المسلحة

جـ) تدهن الخرسانة بمادة إيبوكسية لاصقة لاحمة للخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة ثم تتم طرطشة الخرسانة بروبة الجنرال بوند قبل تمام جفاف المادة اللاصقة .

د) يتم تغطية شبكة الحديد الجديدة بالتلبيس على عدة أيام مثل تغطية الشبك الممدد الخاص بأعمال البياض وهذه طريقة غير صالحة ، ولكن يجب استعمال طريقة الرش بالمدفع الخرسانى على طبقات رفيعة وبذلك يمكن الحصول على تماسك تام بين الطبقة الجديدة والخرسانة القديمة مع مراعاة تخشين السطح القديم علماً بأن المدفع الخرسانى هو عبارة عن خزان توضع به مواد الخرسانة من الزلط الفولى مع الإضافات اللازمة وتوضع طلمبة خاصة مركب عليها خرطوم فيدفع الخرسانة جهة السقف وهذه الطريقة من أكفأ الطرق .



مدفع الخرسانة **Shout creta or cement gun**

هـ) فى حالة ما إذا تم عمل شدة تحت السقف بعد وضع الحديد فيتم عمل خروم فى السقف وتصب الخرسانة من خروم السقف ويجب أن تكون الخرسانة ذات سيولة عالية بحيث يعمل الهزاز الخرسانى من هذه الخروم بالإضافة إلى استعمال هزاز شدة من الخارج ويجب التأكد من ملء الخرسانة لكل الفراغ .

٣) إضافة كمرات حديدية تحت البلاطة :

الهدف من وضع كمرات حديدية أسفل البلاطة هو تقليل البحر وتحويل البلاطة القديمة two way slab إلى one way slab ويمكن أيضاً فى حالة علاج أى صدأ بالحديد وعلاج أى شروخ أو تشققات ويتم التنفيذ كالآتى :

أ) يتم عمل فتحات فى الكمرات الخرسانية فى البحر الصغير ولا يتم ذلك إلا بعد صلب هذه الكمرات ثم يتم تنظيف هذه الفتحات مع إزالة جميع المواد المتبقية وفتات الخرسانة بمدفع الرمل أو بالهواء المضغوط وبشرط أن تكون الفتحة أعلا حديد الشد بالكمرة المراد تكسيرها .

ب) يتم عمل شق طولى بمنشار الخرسانة فى البلاطة حتى تصبح البلاطة مرتكزة ارتكازاً بسيطاً وليس مستمراً على الكمرة الحديدية .

جـ) يتم تجهيز الكمرة المطلوبة Uأو] أو I حسب الحالة ويتم دهانها بدهان مانع للصدأ أو الدهانات الإيبوكسية ثم يتم تثبيت الكمرة بمونة أسمنتية بلومرية أو بمونة إيبوكسية ويجب أن تكون ملاصقة تماماً لسطح البلاطة السفلى ويفضل لحامها بالمونة الإيبوكسية لزيادة قوة الالتصاق بين البلاطة والكمرة الجديدة وقد يستدعى الأمر لحام خوص حديد عمودية على الكمرات الحديدية .

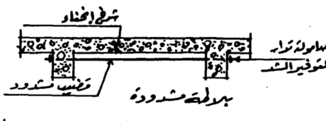
شكل يبين تقوية البلاطات بإضافة كمرات حديدية

د) نظراً لأن هذه الكمرات تشوه منظر الحجرة فيجب تغطيتها بشبك ممدد ويتم زرع أشاير فى خروم السقف بمادة الإيبوكسى ويعلق الشبك الممدد بالطريقة العادية ثم يتم تسليخه ويرجع إلى باب أعمال البياض بالموسوعة الهندسية .

٤) إضافة تسليح الشد : post tensioing :

تظهر شروخ الانحناء فى البلاطة نتيجة إجهاد الشد ويمكن غلق الشروخ بإضافة قوى ضغط كافية للتغلب على قوى الشد المسببة للشروخ وجعل طبقة البلاطة المعرضة لإجهادات ضغط بدل إجهاد الشد وبذلك يمكن وقف هذه الشروخ عن طريق إزالة هذه الإجهادات .

وقوى الضغط المطلوبة يمكن أن تتم بطريقة strengthing a slab by poststressed reinforecement والذى ينشأ عن طريق شد القضبان وأسياخ التسليح ولكن المشكلة فى تثبيت هذه القضبان وتثبيتها ، لأن التثبيت يجب أن يكون فى جزء جاسىء ويتم ذلك بالتثبيت فى البلاطة نفسها أو بعمل ثقوب ، والتثبيت فى الكمرات المحيطة كما يجب الاضغاط من عدم انتشار الشروخ نتيجة تغيير الإجهادات فى البلاطة وفى كلتا الحالتين يجب حساب الإجهادات التى ستتولد فى البلاطة نتيجة قوى الضغط وقوى التثبيت وهناك طريقة أخرى ، وهى ربط قضيب مسبق الإجهاد بين الكمرات التى تحمل البلاطة المشروخة .



الشد الخارجى للبلاطات

٥) عمل حائط تحت البلاطة :

يتم ذلك لتقليل البحر حيث يعود تقسيم البلاطة إلى عدة بلاطات ولا يكون هذا الحائط مؤثراً إلا إذا تم رفع البلاطة هيدروليكياً ثم يتم بناء الحائط بحيث يوفر الركيزة المطلوبة للبلاطة مع التشحيط بين البلاطة والحائط مع وضع تسليح علوى فى البلاطة فى الجزء الذى أضيف فيه الحائط لمقاومة عزوم الانحناء التى ستتولد .

٦) تقوية البلاطات الكابولية :

ويتم هذه التقويه بإحدى الطرق الآتية :

أولاً : بلكونة محملة على كوابيل وكمرات مقلوبة (هذا المثال تم فعلاً) .

ظروف هذه البلكونة كانت بالدور الخامس بمدينة نصر ويعد هذا الدور آخر الأدوار وحصل ثانى أيام الصب والشدة موجودة قام مقاول البلاط بتشوين طبقة رمل توضع تحت البلاط لا يقل على البلكونة عن ٥٠ سم لتخليق ميول البلاط لصرف مياه المطر وبعد خمسة أيام فقط قاموا بفك الشدة الخشبية وكان ذلك فى سنة ١٩٧٥ وفى سنة ١٩٨٥ أراد المالك تعلية دورين فوق الخمسة أدوار السابقة وكانت الخمسة أدوار كلها مشغولة

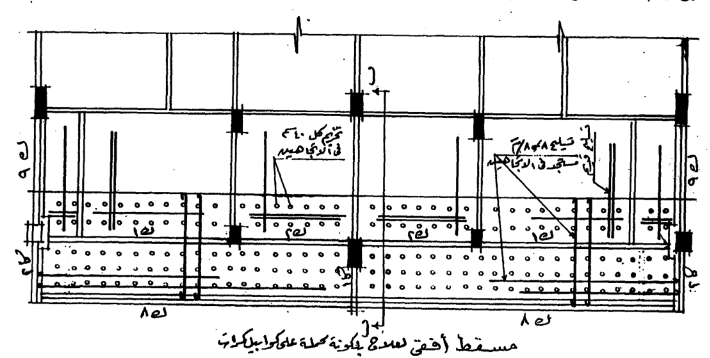
بالسكان وعند نزع بلاط السطوح السابق والطبقة العازلة للرطوبة وطبقة خرسانة الميول المكونة من كسر طوب أحمر وجير وأسمنت ورمل ظهر شروخ فى البلاطة من أعلا وترخيم فى الكوابيل المقلوبة وبالتالى فى الكمرات المحمولة على كوابيل الموضحة وكان لابد من الترميم لهذه الشروخ وتهيئة البلكونة لتحتمل حملاً حياً دون أن يشعر السكان بهذه الترميمات وبعد دراسة عدة حلول اقترح الحل الآتى :

أ) تقسيم الأرضية والكمرات المقلوبة إلى مربعات ٤٠×٤٠ سم بعمل ثقوب فى البلاطة القديمة بعمق ٥ سم وفى الكمرات بعمق ١٠ سم وتم زرع أشاير بقطر ٨ مم فى هذه الخروم تثبت بمونة الإيبوكسى بالإضافة إلى ١,٥م بطول البلكونة من الحجرات المجاورة وذلك كامتداد لأسياخ البلكونة وتم تقوية جميع الكمرات القديمة والبلاطة بإضافة كمرات وبلاطة جديدة .

ب) تم تسليح جميع الكمرات ٤ϕ١٩ والكوابيل ثم حملت الكمرة ك ٩ والكابولى كا٢ على الأعمدة وربطت بالكمرات القديمة وارتفعت عن أرضية البلكونة حوالى ١٠ سم لأنها لو حملت على الأرضية فستؤثر على الكمرة ك ١ .

جـ) تم عمل شبكة من التسليح للبلاطة وامتدادها بمقدار ١,٥ م داخل الحجرة المجاورة بتسليح ٥ϕ٨ فى الاتجاهين ثم تم تجليد جميع الكمرات المقلوبة وعند الصب بدأ بحوالى مترين من الكمرة مع وضع مادة الجنرال بوند على الكمرة القديمة مع ثنى الأشاير المزروعة ليتم التماسك بين الكمرة القديمة والجديدة وبعد الانتهاء من المترين تم تنظيف البلاطة بطريقة الهواء المضغوط وثنى حديد الأشاير على الشبكة الجديدة ووضع مادة الجنرال بوند وتم صب البلاطة بسمك ٧ سم أمام المترين ثم توالى الصب مترين للكمرات والبلاطة وهكذا مع إضافة مادة لتعمل على تقليل الماء وسهولة التشغيل ينطبق عليها مواصفات A.S.T.M-C-494 type A.

د) من المعروف أن البلاطة القديمة حملت على البلاطة الجديدة والذى يحمل كل هذا الحمل الكمرات والكوابيل لأن أرضية البلكونة مصممة فى الأصل على أنها بلاطة one way slab وليست cantliver slab .

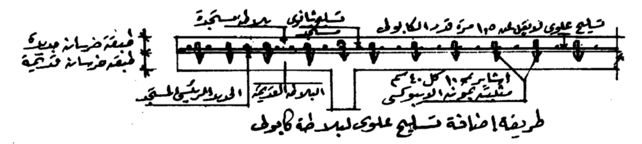


ثانياً : بلكونة وتعمل كبلاطة كابولى : cantliver slab :

أ) يتم صلب البلكونة من أسفل صلباً جيداً إما بالعروق أو بالشدة الحديدية .

ب) يتم عمل خروم ٤٠×٤٠ سم بعمق ٥ سم وتزرع بها أشاير بقطر ٨ مم وتثبت بالإيبوكسى وتنقر طبقة الخرسانة العلوية للبلكونة .

جـ) يتم وضع أسياخ علوية على البلاطة مباشرة وتعمل كحديد علوى وتحسب قيمة هذا الحديد ، بشرط أن هذا الحديد يمتد ١,٥ مرة قدر الكابولى وبنفس الطريقة السابقة تثنى الأشاير على شبكة التسليح وتصب الخرسانة بنفس الطريقة السابقة مع إضافة المادة التى تنطبق عليها مواصفات A.S.T.M-C-494 type A لتعمل على تقليل الماء وسهولة التشغيل workability .



طريقة إضافة تسليح علوى لبلاطة كابولى

ثالثاً : بلكونة تحمل على كوابيل حديد : وتنقل الأحمال إلى الأعمدة وهى عبارة عن شدادت تثبيت فى الأعمدة وبطنية البلاطة وهذا الشكل غير مستحب فى المساكن والعمارات ولكن يمكن عمل هذه الطريقة فى المصانع والمخازن وأماكن لا يراعى فيها الناحية الجمالية وتثبت بالطريقة الآتية :

تثبت مسامير قلاووظ أو فيشر فى الأعمدة وفى البلاطة بواسطة الإيبوكسى وتجهز الكوابيل ويفضل أن تكون من قطاع مربع وتلحم مع شرائح سميكة من الصلب بشرط أن تكون شرائح العامود مربعة على قدر الرباط وشرائح البلكونة مستمرة وكلا النوعين مثبت بالمسامير القلاووظ أو مسامير فيشر مع وضع طبقة من الإيبوكسى بسمك فى حدود ٥ مم فوق هذه الشرائح لتتماسك مع الخرسانة وشرائح الصلب .

شكل يبين تقوية البلاطات الكابولية بالشرائح المعدنية والكوابيل الحديد

٧) تقوية البلاطة فى القص باستخدام ألواح من الصلب :

قبل أن نبدأ فى طريقة تقوية البلاطة باستخدام ألواح الصلب فيجب أن نلقى الضوء على طريقة لصق ألواح الصلب على الخرسانة .

هناك عدة طرق لتقوية قطاع الخرسانة بألواح من الصلب وذلك فى حالة عدم وجود صدأ فى حديد التسليح ويتم التثبيت لهذه الألواح بمسامير من الصلب تخرم لها فى الخرسانة ثم تملأ الخروم بمادة لاحمة أو يتم لحام هذه الألواح فى صلب التسليح الأصلى بعد إزالة الغطاء الخرسانى ، والطريقة المستعملة حالياً هى طريقة لصق هذه الألواح على السطح الخارجى للعضو بواسطة المونة الإيبوكسية ، ولنجاح هذه الطريقة يراعى الآتى :

أ) يجب أن تكون قوة التصاق الألواح الصلب بالخرسانة تفوق مقاومة الخرسانة للقص ويستحسن أن يكون سمك طبقة المونة أقل ما يمكن .

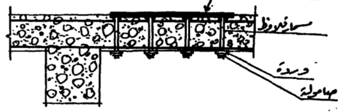
ب) يستحسن استعمال ألواح عريضة قليلة السمك كى تضمن أن إجهادات التماسك موزعة بنظام ، ودهان ألواح الصلب بمادة مانعة للصدأ مع العلم بأن أفضل نتائج للالتصاق عندما يكون سطح الخرسانة جافاً ودرجة الحرارة المحيطة لا تقل عن ٨ درجات ، وأفضل الطرق للصق الألواح يتلخص فى التالى :

١ – بالإضافة إلى ما سبق ذكره يتم تثبيت مسامير الصلب فى الخروم المخصصة لها ويدهن سطح الخرسانة بطبقة رفيعة من الإيبوكسى .

٢ – توضع الألواح بعد دهانها بمادة غير قابلة للصدأ وتوضع الألواح فى الأماكن المحددة ويتم تثبيتها فى مسامير الصلب بقلاووظ خاص بحيث يضغط على سطح الخرسانة ، وبعد تمام تصلد طبقة التماسك يتم إجراء اختبار سلامة أو نقص قوة الالتصاق للتأكد من التصاق كل مساحة التماسك التصاقاً تاماً .

ولتقوية البلاطة فى القص باستخدام ألواح الصلب يتبع الآتى :

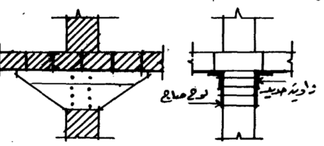
أولاً : يتم هذا التدعيم فى حالة وجود قوى قص عالية على البلاطة ، ويأخذ لوح القص فى المنطقة القريبة من العامود أعلى البلاطة ، ويكون ملحوماً بلوح الصلب عدد من مسامير القلاووظ ، وقبل ذلك يتم عمل خروم فى البلاطة الخرسانية وحشوها بمادة إيبوكسية قبل تركيب لوح الصلب مباشرة ، وبعد وضع المسامير فى الأخرام يحشى حوله بمونة الإيبوكسى وينظف القلاووظ ثم توضع الورد داخل المسامير ثم تربط على المسامير بالصامولة كل هذا والإيبوكسى طرى ، وذلك عندما يجف الإيبوكسى يصبح لوح الصلب والقلاووظ قطعة واحدة ، ويراعى أن يدهن اللوح الصلب قبل تركيبه بطبقة من الإيبوكسى فى حدود ٥ مم تقريباً .



طريقة تثبيت لوح صلب لحماية القص فى البلاطة

ثانياً : طريقة نقل العزوم من بلاطة إلى عامود :

يمكن وضع زوايا من الجانبين ولهاتين الزاويتين امتداد بألواح من الصاج ملحومة بالزوايا ، وتثبت بواسطة مسامير فيشر ، وذلك حسب الرسم التالى .



تدعيم البلاطة على العامود

الفصل الثانى
تدعيم الكمرات

تعتبر الكمرات من أهم العناصر الخرسانية الهامة حيث يستلزم الأمر أن يتم تقوية الكمرات إما نتيجة عدم أمان القطاع الخرسانى أو عدم أمان وكفاية حديد التسليح أو زيادة الأحمال ، أو نتيجة صدأ سطحى أو صدأ فى حديد التسليح الداخلى أو بعدة أشياء أخرى وسنذكر جميع الحالات التى يتم التدعيم من أجلها .

١) علاج صدأ الحديد السطحى .
٢) علاج صدأ حديد التسليح المؤثر على كفاءة الكمرات أو زيادة حديد الشد .
٣) تقوية الكمرات بزيادة القطاع (القمصان) .
٤) إضافة طبقة جديدة من الخرسانة فى منطقة الضغط .
٥) تقوية الكمرات بعمل شرائح حديدية .
٦) تقوية الكمرات مع البلاطة بواسطة الشرائح الحديد .
٧) تقوية الكمرات بعمل قميص من علبة صاج .
٨) زيادة تسليح القص .
٩) إضافة قطاعات من الحديد .
١٠) استخدام الشد الخارجى .
١١) تقوية وعلاج الكمرات بتقليل البحر .

وسنشرح كل بند على حدة :

١) علاج صدأ الحديد السطحى :

هذا النوع من العلاج لا يحتاج إلى حديد إضافى ويتبع الخطوات التالية :

أ) يتم صلب الكمرات إما بالقوائم المعدنية أو بواسطة عروق خشبية وألواح بونتى مع التشحيط وذلك لنقل الأحمال الواقعة على الكمرة ويراعى أن تكون القوائم مرتكزة على ألواح بونتى فى حالة ما إذا كانت الأرض ردم ، وذلك لتفادى هبوط التربة أسفل الشدة أو على خرسانة عادية .

ب) يتم إزالة الغطاء الخرسانى بحرص ويعالج صدأ الحديد بعمل الصنفرة اللازمة سواء بالفرشة السلك العادية أو المركبة على شنيور أو بجهاز مدفع الرمل **sand plast** ثم دهان هذا الحديد بالإيبوكسى المحتوى على زنك أو بدهان يحتوى على كروميد الزنك ، وذلك بغرض عدم انتقال الصدأ إلى الأجزاء الأخرى .

جـ) يتم عمل طرطشة بمونة أسمنتية بروبة الجنرال بوند السابق شرحها أو أى مواد بلومرية رابطة **Bonding agent** لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالغطاء الخرسانى الجديد .

د) يتم عمل الغطاء الخرسانى الجديد بالمونة البولمرية إما بطريقة التلبيش على دفعات أو بطريقة مدفع الخرسانة . **Cement gun or shout crete** .

٢) علاج صدأ حديد التسليح الرئيسى المؤثر على الكمرات أو زيادة حديد التسليح الشد .

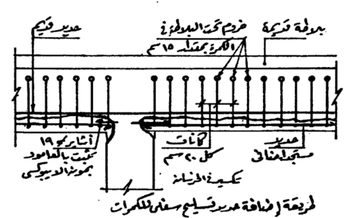
أ) يتم الصلب للكمرة كما فى الفقرة من البند (١) وتخريم الكمرة تحت البلاطة كل ٢٥ سم وعمل شق فى الخرسانة بعرض ٢×٢ سم فى الأسطح الجانبية بكامل ارتفاع الكمرة ، ويكون الثقب بقطر ١٣ مم ، ثم تملأ الخروم بمونة أسمنتية لتثبيت الكانات .

ب) تزال طبقة الخرسانة التى أسفل حديد التسليح وظهور الحديد للتأكد من الحديد التالف ، وتزرع أشاير فى الأعمدة بعمل ثقوب فى أماكن أشاير الحديد المستجد ، ويتم التقفيل والنظافة كما فى البند (ب) السابق .

جـ) يوضع الحديد الرئيسى المستجد ويربط فى الأسياخ القديمة ثم تركب الكانات وتقفل بسلك رباط أو يفضل اللحام ، ثم تدهن الأسطح المكشوفة من الحديد بمادة إيبوكسية لاصقة .

د) يتم عمل طرطشة للحديد وإعادة الغطاء الخرسانى كما

فى البند جـ ، د) من البند (١) .



طريقة إضافة حديد تسليح سفلى للكمرات

٣) تقوية الكمرات بزيادة القطاع الخرسانى :

عند تقوية الكمرات بزيادة القطاع فإما أن تكون الزيادة فى الارتفاع فقط أو الزيادة فى الجانبين فقط أو من الأربعة أجناب ، وفى جميع الحالات هناك خطوات للتنفيذ مشتركة فى جميع الحالات وهى :

أ) الصلب الجيد إما بالعروق والبنطى والتشحيط أو بقوائم معدنية كما سبق شرحه ثم إزالة الغطاء الخرسانى وتنظيف حديد التسليح بالفرشاة السلك العادية أو المركبة على شنيور أو بجهاز مدفع الرمل ثم دهان الحديد بالإيبوكسى أو بدهان يحتوى على كروميد الزنك المانع للصدأ .

ب) فى حالة الكمرات المطلوب زيادة عمقها فقط تخرم الكمرة كل ٢٥ سم وتحت بلاطة السقف بقطر ١٣ مم ، ويخرم فى العامود أسفل الكمرة وتوضع أشاير لتثبيت الأسياخ السفلية بأى عمق تراه مناسباً ويحفر فى أجناب الكمرة بقطاع ٢ سم× ٢سم لوضع الكانات فى هذه المجارى وتربط مع الأسياخ السفلية ، وذلك مثل الرسم السابق ثم البياض على الكانة التى سبق عمل مجرى لها حتى مستوى الكمرة بمونة أسمنتية .

جـ) فى حالة الكمرات المطلوب زيادة القطاع فى الجانبين والقاع يتم عمل الكانات بالطريقة السابقة وتوضع أشاير فى الجانبين فى الأعمدة لزيادة الحديد من الجنب أيضاً .

د) فى حالة الكمرات المطلوب زيادة القطاع من الأربع جهات فيخرم فى السقف من الجانبين كل ٢٥ سم ، وتركب الأسياخ السفلية فى السقف والعلوية والجانبية ، ثم تركب الكانات وتصب الخرسانة فى هذه الحالة بخروم من السقف .

وفى جميع الحالات يتم عمل طرطشة بمونة بنسبة أسمنت عالية مع مواد بولومرية رابطة وقبل الطرطشة يتم دهان الحديد بالدهانات الإيبوكسية أو رش هذه الأسياخ بالرمل الحرش فى الحال وذلك لزيادة الترابط بين الحديد المدهون إيبوكسى وبين المونة .

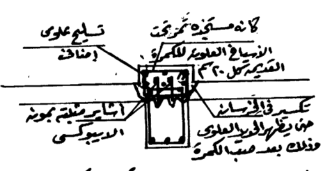
يتم عمل فرم حديدية أو خشبية ويتم تجهيز خرسانة مكونة من زلط فولى مع إضافات زيادة مقاومة الانضغاط لزيادة السيولة workability وتصب من أعلى الخرم بطريقة شدة القمع إذا كان المراد الجانبين والقاع فقط ، وتزال الزيادة فى الخرسانة فى اليوم التالى وإذا كان المراد زيادة القطاع كله فيتم الصب عن طريق فتحات من أعلى البلاطة .

٤) إضافة طبقة جديدة فى منطقة الضغط فقط :

وذلك بعمل طبقة جديدة أعلى الكمرة بها تسليح خفيف ويكون كافياً لمقاومة الانكماش وربطها بالخرسانة القديمة مع تنظيف السطح قبل الصب علماً بأن هذه الطبقة الجديدة لا تعمل مع الخرسانة القديمة كقطاع واحد إلا فى حالات نقل قوى القص بين السطحين مع مراعاة طريقة الصلب وكشف الغطاء الخرسانى ودهان الحديد العلوى كما سبق شرحه وتستخدم عدة طرق لنقل قوى القص بين السطحين منها الآتى :

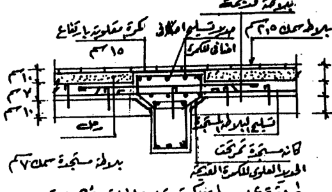
أ) باستخدام أربطة القص shear dowels سواء على هيئة مسامير تدفع فى الخرسانة القديمة عن طريق مسدس أو عن طريق كانات مقفلة يتم ربطها مع الحديد العلوى للكمرة كل ٢٥ سم ، وعلى العموم يجب ألا تقل مساحة هذه الأربطة عن ١٥٪ من مساحة سطح التماسك فى حالة السطح الخشن ، وألا تقل عن ٠,٠٤٪ من المساحة فى حالة الخشونة المتوسطة .

ب) وضع حديد علوى بدون تخريم فى الكمر كالرسم التالى .



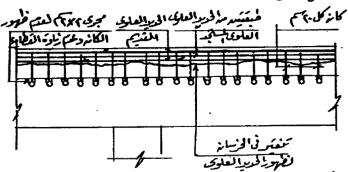
طريقة وضع حديد علوى بدون تخريم فى الكمرة مع وضع الكانات الجديدة تحت الحديد العلوى للكمرة القديمة

فى حالة عمل بلاطة وكمرة مقلوبة بارتفاع ٢٥ سم لتغيير المبنى من سكنى إلى مدرسة كالرسم التالى .


طريقة عمل بلاطة وكمرة مقلوبة لزيادة الأحمال بسبب تغيير المبنى من سكنى إلى مدرسة

وفى جميع الحالات عمل عدة نتوءات فى الخرسانة القديمة وتكون هذه النتوءات كافية لربط الخرسانة القديمة مع الجديدة مع دهان سطح الخرسانة القديمة بمادة تماسك قوى كالإيبوكسى مثلاً .

فى حالة وضع أسياخ علوية مع عمل نتوءات بالخرسانة وعمل خروم فى البلاطة وبالكمرة كل ٢٥ سم مع عمل مجرى لوضع الكانة الجديدة ثم تبييض الكانة التى بالمجرى بمونة أسمنتية كما فى الشكل التالى .


طريقة إضافة حديد علوى للكمرة مع عمل مجرى ٢×٢ سم للكانة

٥) تقوية الكمرات بعمل شرائح حديدية أو كمرات مجرى :

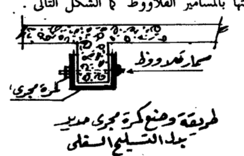
عندما يكون المطلوب زيادة مقاومة القص shear strength وذلك عند قلة عدد الكانات أو ضعف قلة التكسيح فإنه يتم تصميم أبعاد وتخانات من الألواح الحديدية المطلوبة لهذا الغرض وتصلح هذه الطريقة أيضاً عندما يكون هناك شروخ بالكمرة وهذه التقوية تصلح فى حالة عدم وجود صدأ فى الحديد الأصلى وفيها يتم تثبيت ألواح الصلب على السطح الخرسانة السفلى سواء بمسامير أو بطريقة اللصق وذلك بالطريقة الآتية :

١) يتم تنظيف وصنفرة السطح الخرسانى فى منطقة الشد أى ببطن الكمرة .

٢) يتم دهان الأسطح الخرسانية قبل تثبيت الشرائح الجديدة بمادة إيبوكسية لاصقة وتوضع طبقة بسمك حوالى ٥ مم من المونة الإيبوكسية ومن المعروف أنه كلما قل سمك الشرائح وزاد عرضه وصغر طبقة اللصق كلما كان ذلك أجدى ، ثم يتم تثبيت الألواح الحديدية فى الأسطح الخرسانية باستعمال مسامير فيشر .

ويجب أن تفوق قوة التصاق الألواح بالخرسانة مقاومة الخرسانة للقص ويستحسن استعمال مسامير صلب بقلاووظ كل مسافة فى حالة التثبيت بمواد اللصق تحسباً من خطر الحريق حيث من المعروف أن مادة اللصق عند درجة حرارة ٦٢° تصبح عديمة الجدوى .

٣) ويمكن تثبيت كمرات حديدية على شكل حرف ⊐ فى قاع الكمرة ولصقها بالإيبوكسى بعد تنظيف السطح جيداً وتثبيتها بالمسامير القلاووظ كما الشكل التالى .


طريقة وضع كمرة مجرى حديد بعد التسليح السفلى

٤) يمكن تقوية الكمرات فى منطقة الشد بواسطة ألواح الصلب فقط بدون مسامير فيشر بشرط النظافة الجيدة قبل لصق ألواح الصلب كما فى الشكل التالى .

طريقة لحام ألواح الصلب على بطنية الكمرات لزيادة تسليح الشد

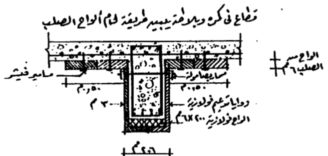
٦) تقوية الكمرات مع البلاطة بواسطة الشرائح الحديد :

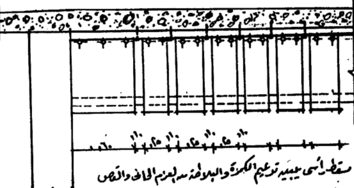
فى حالة وجود شروخ بالكمرة والبلاطة فيتبع الآتى :

١) ينظف السطح جيداً بالصنفرة وتنظف الشروخ بالهواء المضغوط .

٢) يدهن سطح البلاطة والكمرة بمادة الإيبوكسى لملء الشروخ لمنع وصول الرطوبة إلى حديد التسليح مع طلاء الألواح المستخدمة فى التدعيم بمادة مقاومة للصدأ مع ربط زوايا التدعيم بمسامير قلاووظ .

٣) يتم التنفيذ كما فى الرسم التالى .


قطاع فى كمرة وبلاطة يبين طريقة لحام ألواح الصلب



٧) تقوية الكمرات بعمل قميص من علبة صاج :

يتم تقوية الكمرات بعمل قميص من علبة صاج فى حالة ما إذا كانت الكمرة بعرض ١٢ سم وأن التخريم فى الكمرة كل ٢٥ سم أسفل البلاطة سيتسبب هذا التخريم فى ضعف الكمرة فلا مانع من عمل قميص من الصاج سمك ٣مم ، وتتم الخطوات كالتالى :

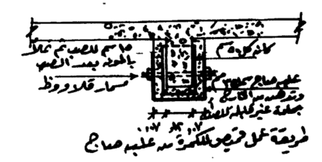
١) يتم نزع الغطاء الخرسانى وينظف جيداً بأى طريقة من الطرق السابقة ثم يتم عمل خروم فى الكمرة كل ٥٠ سم على الأقل تحت البلاطة ليتم عمل كانات لتساعد علبة الصاج على تحمل الخرسانة ، وذلك بعد صلب البلاطة المجاورة للعضو المراد تقويته .

٢) يخرم فى الأعمدة وتوضع أسياخ ١٦ مم فى وضع أفقى وتربط مع أسياخ التسليح الزيادة المراد تدعيم الكمرة بها ودهان الحديد بمادة مانعة للصدأ وتثبيت جميع الكانات والمسامير بمونة الإيبوكسى .

٣) يخرم فى منتصف الكمرة مع تنفيذ نفس الخروم فى العلبة الصاج لربط العلبة الصاج مع الكمرة بمسامير قلاووظ ١٦ مم كل متر .

٤) تركب العلبة الصاج وتزيد أبعادها عن أبعاد الكمرة بمقدار ١٠ سم من كل جانب مع ترك من ١٥ إلى ٢٠ سم من أعلى لصب الخرسانة ثم تربط المسامير القلاووظ الأفقية فى الخرسانة والعلبة كما فى الشكل التالى .

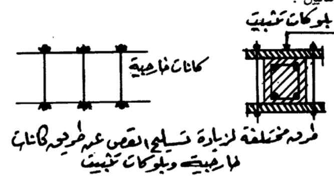
يتم تجهيز الخرسانة بزلط فولى مع إضافة مادة زيادة السيولة وزيادة الانضغاط ويتم الصب من أعلا مع الدمك جيداً .



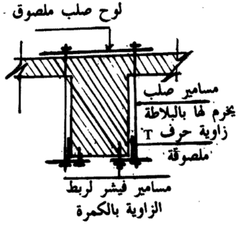
٨) زيادة تسليح القص :

يمكن زيادة مقاومة القص والتى بإحدى الطرق الآتية :

أ) باستعمال اللحام أو عن طريق بلوكات التثبيت من الحديد أو الخرسانة ، وهى وضع بلوكات التثبيت أعلى وأسفل الكمرة فى منطقة القص ، وتربط بلوكات التثبيت بمسامير من الصلب عالية المقاومة أو لصق ألواح من الصلب أعلا وأسفل الكمرة وربطها بكانات خارجية سابقة الإجهاد كما فى الشكلين التاليين .

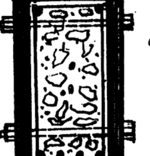


ب) باستعمال ألواح علوية وزوايا سفلية حرف T، ويتم تخريم البلاطة وربط الألواح العلوية أعلا البلاطة والزوايا أسفل الكمرة بمساميز من الصلب عالية المقاومة وربط الزوايا بمسامير فيشر بالكمرة كما فى الشكل التالى .



شكل يبين ربط البلاطة والكمرة بلوح الصلب والزوايا

جـ) باستخدام ألواح من الصلب على جانبى الكمرة ويتم لصقها وربطها بمسامير قلاووظ كما الشكل التالى .



شكل يبين طريقة لصق شرائح حديدية ومثبتة بمسامير قلاووظ على جانبى الكمرة

د) باستخدام قطاعات من الصلب ويتم بتخريم فى البلاطة رأسياً ، وفى الكمرة أفقياً ، ويكون قطاع الصلب مخرم بنفس الطريقة .

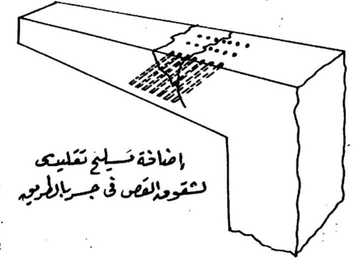
هـ) لإصلاح شقوق القص فى جسور الطرق ونحوها يتبع الآتى :

١ – شد الشق بمادة مرنة flexible sealent .

٢ – عمل ثقوب عمودية تقريباً على اتجاه الشق بقطر حوالى ٢٠ مم .

٣ – يوضع أسياخ فى الثقوب بقطر ١٢ ، ١٦ مم وتمتد لمسافة لا تقل عن ٤٥ سم كما بالشكل التالى .

٤ – يضخ بعد ذلك مادة الإيبوكسى داخل الثقوب تحت ضغط منخفض .

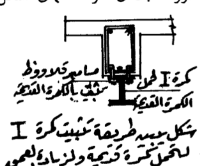


إضافة تسليح تقليدى لشقوق القص فى جسر الطريق

٩) تقوية الكمرات الخرسانية بإضافة كمرات حديدية أو لزيادة عمقها .

أ) من أسرع الطرق وأكفئها حيث يتم تثبيت كمرات حديدية حرف] أو U أو I بقطاع مناسب لبحر الكمرة ويتم عمل فتحات فى الأعمدة وتثبت هذه الكمرات بالمونة الإيبوكسية أو بالمونة البولومرية وفى هذه الحالة يجب أن يتم التثبيت الجيد بين الكمرات الحديدية والخرسانية ، وذلك بالمونة الإيبوكسية لضمان الالتصاق الجيد .

ب) ويمكن زيادة عمق الكمرة بوضع I أسفل الكمرة وربطها بمسامير قلاووظ تثبت فى الخرسانة كما فى الشكل التالى .



شكل يبين طريقة تثبيت كمرة I لتحمل كمرة قديمة ولزيادة العمق

ويجب التشحيط جيداً على الكمرة الجديدة لتلتصق فى الكمرة الخرسانية القديمة ، لأنه من المعروف أن هذه الأحمال فى هذه الحالة منقولة ومحملة على الكمرات الخرسانية والحديدية معاً .

١٠) استخدام الشد الخارجى :

نظرية الشد الخارجى سبق وتكلمنا عنها فى تدعيم البلاطات تحت بند – ٤ (إضافة تسليح شد tensioning والنظرية واحدة وباختصار شديد أن استخدام الشد اللاصق يؤدى إلى استحداث قوى ضغط تعمل على تقليل إجهادات الانحناء فى الكمرة ، ويترتب على ذلك زيادة قدرة الكمرة على تحمل الأحمال ، وكذلك زيادة قدرة الكمرة على تقليل الترخيم ، وهناك نظامان :

أ) فى حالة عدم وجود مساحة كافية يمكن استعمال قطاعات خاصة من الصلب معدة لغرض التثبيت ، وتجرى حماية كابلات الشد اللاصق من الحريق والصدأ بإحدى الطرق السابق شرحها .

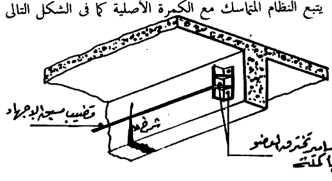
وهذا الحل له سلبياته وهى كما فى الشكل التالى :

– حل غير مضمون فى حالة التثبيت غير الجيد بنهايات التسليح المسبق-الإجهاد .

– إمكانية انتقال الشقوق إلى مكان آخر إذا لم يتم دراسة أثر الحل على المنشأ بحذر وعناية .

– عدم انتظام وتناسق أثر قوة الضغط على المقطع بكامله يؤثر على توزيع الإجهادات .

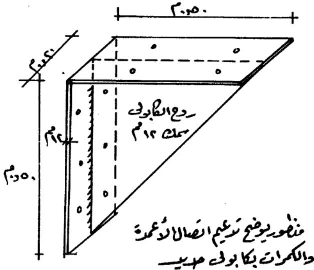
ب) فى حالة وجود مساحة متاحة لتثبيت نهاية الكابلات يتبع النظام المتماسك مع الكمرة الأصلية كما فى الشكل التالى :



١١) تخفيض بحر الكمرة :

١) يمكن تخفيض بحر الكمرة بزيادة العامود من الجهتين .

٢) عمل كوابيل الحديد من صلب سمك ١٢ مم وله wep ويكون بعرض الكمرة والجانبين بطول ٥٠ متر ، وفى هذه الحالة سينتقل الحمل إلى العامود رأساً .



٣) عمل كوابيل من الخرسانة المسلحة وذلك بعد صلب الكمرة جيداً وتثبيت أسياخ الكابولى جيداً مع العامود ومع الكمرة .

الفصل الثالث

تقوية الأعمدة

ترميم وتقوية الأعمدة الخرسانية :

يتم الترميم والتقوية للأعمدة فى الحالات الآتية :

١) وجود شروخ بالعامود نتيجة انتفاخ الخرسانة أو تفاعل الركام الذى يحتوى على سيليكا مائية مع أنواع الأسمنت التى تحتوى على نسبة عالية من القلويات ليكون مركبات سليسية تتمدد لتشكل ضغط داخلى فى الخرسانة تؤدى إلى تصدعها .

٢) وجود صدأ فى حديد التسليح وتطبيل فى الغطاء الخرسانى .

٣) قطاع غير كاف لتحمل الأحمال الواقعة عليه وكذا قدرة تحمل الخرسانة غير مطابقة للقيمة التصميمية .

٤) الرغبة فى الامتداد الرأسى للمنشأ .

٥) وجود ميل فى العامود أو هبوط فى الأساسات أو وجود تعشيش مؤثر فى خرسانة العامود وسنشرح بعض الحالات التى يتم بها تقوية الأعمدة الخرسانية وترميمها وتتلخص فى الآتى :

١) استبدال الجزء التالف من الغطاء الخرسانى وترميمه :

فى حالة وجود تعشيش أو تطبيل فى الغطاء الخرسانى وانفصاله كنتيجة صدأ الحديد بدرجة غير مؤثرة حيث لا يكون هناك حاجة ماسة لزيادة الأبعاد الخرسانية للعامود أو زيادة حديد التسليح فتتبع الخطوات التالية :

أ) يزال الغطاء الخرسانى للعامود ويتم تنظيف حديد التسليح جيداً باستعمال فرشة السلك العادية أو المركبة على شنيور أو مسدس الرمل ، ويتم دهان حديد التسليح بمادة مانعة للصدأ كالإيبوكسى المحتوى على زنك أو دهان يحتوى على كروميد الزنك.

ب) يتم عمل طرطشة بمونة أسمنتية مضاف إليها مواد رابطة Bonding agent لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة .

جـ) يتم عمل الغطاء الخرسانى من خرسانة تتكون من الركام الرفيع الذى لا يزيد حجمه الأقصى لحبيباته عن ٥ مم ، والرمل والأسمنت بنسب عالية لا تقل عن ٤٠٠ كجم / م^{3} رمل مع إضافات زيادة سيولة .

د) فى بعض الأحيان يتم عمل الغطاء الخرسانى من المونة الأسمنتية البولمرية أو المونة الأسمنتية البولمرية المسلحة بألياف الفيبرجلاس أو المونة الإيبوكسية ، وذلك طبقاً للمتطلبات الإنشائية .

هـ) يجب استعمال جهاز مدفع الخرسانة .

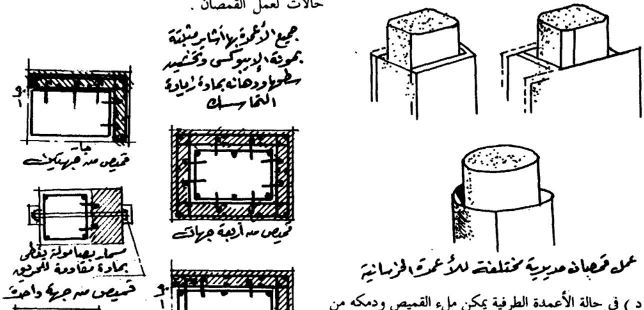
٢) القمصان (التغليف) للأعمدة :

أ) التغليف (القمصان) للأعمدة من أنجح الطرق استخداماً فى إصلاح الأعمدة وفى زيادة قدرتها على تحمل أحمال جديدة ، وفى منع حدوث تدهور جديد إذا كان الوسط المحيط ضاراً بالخرسانة أو حديد التسليح يعتبر بناء على ذلك علاجاً لما أصاب هذا العامود سواء الجزء الخرسانى أو حديد التسليح بالعامود ، ولكى يستعيد العنصر الخرسانى للعامود من هذا القميص يجب أن يتم تنفيذه بعناية ودقة فائقتين حيث يحاط العضو الخرسانى القديم بطبقة غير منفذة للرطوبة والسوائل الصادرة مما يوفر الحماية للعضو .

ب) رغم أن القميص يعمل على زيادة المساحة للقطاع العرضى وزيادة مساحة الصلب الرأسى فى حالة حدوث صدأ للصلب الأصلى فهو يوفر ضغطاً جانبياً confinement عن طريق تسليح عرضى (الكانات) والقطاع الخرسانى للعامود مما يؤدى إلى زيادة قدرة العامود الأصلى حتى وإن لم يزد قطاعه .

جـ) تستعمل الشدات الخشبية فى كثير من الأحوال التى تتعرض للماء ، والشدات المعدنية هى شدات مؤقتة ، وتستعمل عندما يكون الصب تحت الماء وتصنع هذه الشدة بحيث يسهل

فكها وتزود بشرائح المطاط بحيث لا يحدث تسرب اللبانى منها .



عمل قمصان [illegible] مختلفة للأعمدة الخرسانية

د) فى حالة الأعمدة الطرفية يمكن ملء القميص ودمكه من الخارج بواسطة الهزازات الخارجية (هزاز شدة) حيث إن القميص أعرض من العامود الأصلى .

هـ) فى حالة الأعمدة الداخلية فيملأ القميص تماماً وعدم ترك فراغ من الخرسانة الجديدة والسقف القديم ويمكن أن يصب القميص على حطات كلاً منها لا يزيد عن ١,٥ م فى الحطة العليا يتم عمل فتحة فى الشدة لصب الجزء العلوى من القميص ، والأفضل عمل فتحة فى السقف لصب الحطة العليا ودمكها منها حتى يمكن التأكد من عدم وجود فراغ بين السقف والقميص .

و) أنواع القمصان أربعة حالات هى :

١) التغليف بالكامل ليست له مشاكل لا فى طريقة الشدة ولا فى توزيع الأحمال ، ولكن يجب زيادة عدد الكانات ، لأن زيادة الكانات يزيد من كفاءة القميص ، ويمكن استعمال مسامير قص أو أشاير تثبيت بمونة الإيبوكسى .

٢) التغليف من جهتين أو ثلاث جهات فيستحسن ربط كانات القميص بالحديد الرأسى للعامود الأصلى ، لأنه فى حالة عدم الربط فيصبح هناك لا مركزية فى الحمل على القطاع الجديد ، وتؤدى إلى حدوث عزوم وانفصال بين القميص والعامود القديم ، ويجب زيادة الكانات فى المنطقة العليا من العامود وهى مسافة تساوى ضعفين إلى أربعة أضعاف عرض العامود الأصلى . ويجب وضع مسامير القص أو أشاير تثبت بالإيبوكسى .

٣) التغليف من جهة واحدة وهو نادر ، ولكن يجب دخول الكانة فى كل الأركان للعامود القديم هذا بخلاف أشاير تثبت فى الخرسانة القديمة بمونة الإيبوكسى ، ويمكن ربط العامود القديم والجديد بمسامير قلاووظ بشرط أن تغلف هذه المسامير بمادة حامية ضد الحريق والصدأ والأشكال التالية تبين عدة حالات لعمل القمصان .

ز) يمكن حساب الزيادة فى قدرة العامود على تحمل الأحمال نتيجة توفير الضغط الجانبى من المعادلة التالية .

الزيادة فى الحمل = ٢,٥ × محيط العامود الأصلى × سمك القميص × مقاومة الخرسانة لقميص الشد .

ح) يمكن نقل العزوم من البلاطة أو الكمرة إلى العامود باتخاذ الآتى :

١) إضافة أسياخ فى العامود وتمتد فى البلاطة عن طريق عمل فتحة بقطاع ٣×٣ سم ثم تملأ بمونة الإيبوكسى .

٢) يمكن تركيب زوايا من الحديد مثبتة فى العامود أو البلاطة بمسامير قلاووظ أو بمسامير فيشر .

٣) طريقة عمل قميص من الخرسانة المسلحة للأعمدة :

تحدد الحاجة للقمصان وأبعادها وتسليحها طبقاً للمتطلبات الإنشائية وتتبع الخطوات التالية وذلك بعد الصلب الجيد حول العامود :

أ) إزالة الغطاء الخرسانى بحرص وحذر شديدين ويفضل أن يتم ذلك يدوياً لمنع حدوث اهتزاز العامود ويتم تنظيف السطح الخرسانى جيداً وتنظيف حديد التسليح جيداً بفرشاة سلك أو بجهاز sand blast الذى يعتمد على قذف الرمال لإزالة الصدأ والأجزاء الضعيفة فى الخرسانة ثم يتم دهانه بالإيبوكسى ويرش بالرمال النظيفة ليعمل على تماسك الخرسانة بالحديد عند الصب .

ب) زرع الأشاير لربط الكانات المستجدة للقميص فى الاتجاهين الأفقى والرأسى بمسافات لا تزيد عن ٥٠ سم وتزرع هذه الأشاير بواسطة عمل ثقوب تزيد عن قطر الحديد المستعمل من ٤:٣ مم وبعمق كاف لتثبيت الأشاير وعادة يتراوح هذا العمق من ١٠:١٥ سم ثم توضع مادة إيبوكسية ذات لزوجة منخفضة (أى إيبوكسى مخفف بالتنر) وذلك لنظافة الخرم من أى رايش أو فتات خرسانة ثم تملأ الثقوب بمونة إيبوكسية ثم توضع الأشاير فى الثقوب .

جـ) يتم زرع الحديد الرأسى بالقاعدة الخرسانية أو الميدات أو الكمرات ويتم تكسير هذه الفتحات بحرص ثم تنظف جيداً وتملأ بالمونة الإيبوكسية كالسابق .

د) يتم تركيب الحديد الرأسى والكانات المستجدة للقميص حسب التصميم المطلوب .

هـ) يتم طرطشة العامود بمونة طرطشة بنسبة أسمنت عالية وليكن ٤٠٠/ م^3 مع إضافة مواد رابطة بولمرية لهذه المونة .

و) يتم تجهيز مونة صب الخرسانة حسب طريقة الصب على أن يتم عمل خلطة تصميمية لذلك mix design ويتم توفير زلط فولى من ٥,م إلى ١,٢:١ سم مع إضافة مواد زيادة السيولة للخرسانة وزيادة الإجهاد وطريقة الصب هى :

١) باستخدام فرم خشبية أو حديدية بنظام الحطات أى يتم تجليد العامود كل مسافة قدرها ـــ,١ ويتم الصب والدمك جيداً ثم يتم تجليد الحطة التى تلى الحطة الأولى وهكذا حتى نصل إلى الحطة الأخيرة يمكن صبها من فتحة بالسقف .

٢) باستخدام مدفع الخرسانة shout crete or cement gun وهو عبارة عن خزان توضع به الخرسانة ويتم ضخها بمضخة خاصة موصل بها خراطيم ويتم توجيهها إلى مكان الصب ولا تستخدم لذلك أى فرم خشبية أو حديدية وتعطى نتائج جيدة وإجهادات عالية .

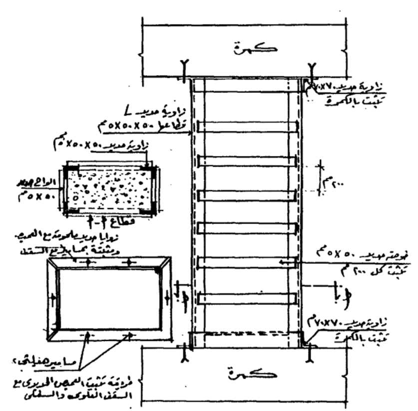
٣) يتم تقفيل العامود بالكامل ماعدا جنب واحد يجلد كل متر بعد صب المتر الأول ويجب أن تكون الخرسانة المستخدمة ذات سيولة عالية بإحدى مواد الإضافة A.S.T.M-C-464 type(A).

٤) القمصان الحديدية للأعمدة :

تستعمل هذه القمصان عندما تكون هناك الحاجة لترميم العامود وزيادة أحماله وفى نفس الوقت لا يكون مسموحاً بزيادة أبعاده ، ويتم تنفيذ هذا العامود حسب الخطوات التالية :

أ) إزالة الغطاء الخرسانى ، وينظف حديد التسليح بإحدى الطرق السابق ذكرها ويتم دهان حديد التسليح بمادة مانعة للصدأ .

ب) يتم تركيب القميص الحديد بالأبعاد المطلوبة حسب التصميم مع عمل فتحات لصب المونة الإيبوكسية اللاصقة بين العمود الخرسانى والقميص الجديد ثم يتم ملء بين العمود الخرسانى والقميص الجديد باستعمال مونة إيبوكسية .



طريقة عمل قميص حديدى للأعمدة

٥) الأسباب التى أدت إلى تصدع العامود الذى بالصورة التالية :

أولاً : سوء التنفيذ .

١ – عدم انتظام الكانات .

أ – يلاحظ بأسفل العامود حوالى أربعة كانات ملتصقات ببعضها وليس هناك مسافات بين هذه الكانات .

ب – بعد هذه الكانات يوجد كانتان فقط المسافة بين الكانة والأخرى لا يقل عن ٤٠ سم .

جـ – يلاحظ بعد هاتين الكانتين أربعة كانات أخرى ملتصقة وليس هناك مسافة بين الكانة والأخرى .

د – يلاحظ بعد ذلك وجود ثلاثة كانات لا تقل المسافة بين كل منها عن ٣٠ سم .

هـ – نلاحظ بعد ذلك عدة كانات ملتصقة وهكذا إلى باقي العامود .

و – نظراً لعدم انتظام الكانات التي يجب أن تكون المسافة بينها لا تزيد عن ٢٠ سم بأى حال وذلك ظهر لهذا العامود انتفاخ فى بعض الأمكنة وضيق فى الأمكنة الملتصق بها الكانات .

ثانياً : زيادة الأحمال

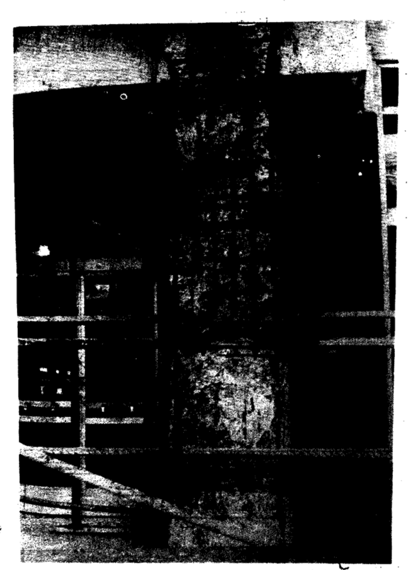
ظروف هذا المبنى أنه مصمم على أنه لا يتحمل أكثر من خمسة أدوار ولكن للجشع زيد على هذا المبنى أربعة أدوار دون عدم زيادة قطاعات الأعمدة .

لهذه الظروف السابق شرحها تم الصلب حول جميع الأعمدة التى بالدور الأرضى وتم تنظيفها كما بالصورة ويتم التقوية كالآتى :

أ – زرع أشاير بمونة الإيبوكسى .

ب – زيادة تسليح الأعمدة بتصميم جديد مع عمل كانات حول العامود مباشرة وكانات أخرى حول المحيط الخارجى للحديد الرأسى المستجد .

جـ – يتم الصب على خطوات كما فى البند (٣) طريقة عمل قميص من الخرسانة المسلحة .



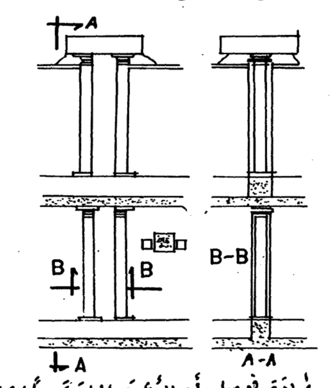
٦) زيادة أحمال الأعمدة فى حالة عدم وجود أى عيوب ظاهرة فى خرسانة العامود :

أ) يتم عمل أشاير فقط فى العامود بدون إزالة الغطاء الخرسانى .

ب) تتم جميع المراحل السابقة فى البند الثالث ، طريقة عمل خرسانة الأعمدة .

٧) طريقة رفع وصلب أحد الأعمدة المنهارة تمهيداً لإصلاحه :

فى حالة ما إذا وجد العامود منهاراً ، ويجب إزالته فقبل أى عمل أو تكسير ؛ يجب صلب الأعمدة والرسم التالى يبين قطاع رأس وقطاع أفقئ لطريقة الصلب .



طريقة رفع وصلب أحد الأعمدة المنهارة تمهيداً لإصلاحه

مثال رقم (١) يشمل البلاطات والكمرات والأعمدة

هذا المثال قام به أحد الأساتذة الإنشائيين وسنختصر ما هى الخطوات التى تمت وما الغرض من إصلاح هذا المبنى المقام بمنطقة الهرم .

هذا المبنى مكون من دورين وبعد الانتهاء من تشطيبه بالكامل بفترة قصيرة ظهرت علامات التصدع والتشقق فى الأعمدة والكمرات والبلاطات وقد بدأت الدراسة وظهر أنه ليس هناك عيب فى التصميمات الإنشائية ولا مياه الخلط ولا فى نسب الأسمنت رغم صدأ صلب التسليح المستخدم ولكن وجد أن الخرسانة المنفذة تحتوى على نسبة عالية من أيونات الكلوريدات والتى ظهرت فى الركام المستخدم والذى يزيد عن المسموح به طبقاً للمواصفات مما نتج عنه صدأ الحديد المستخدم فى التسليح وكان هذا السبب المباشر فى ظهور الشروخ وقد أمكن ترميم المبنى بالكامل حسب الخطوات التالية :

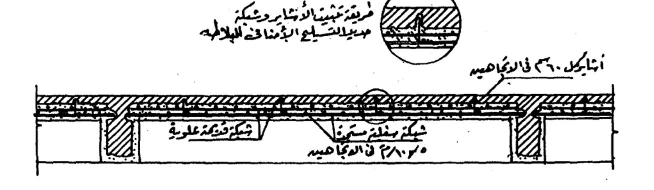
خطوات تنفيذ تدعيم البلاطات الخرسانية للأسقف :

تم البدأ فى تدعيم آخر دور أولاً ثم الأدوار الأخرى التى تليه حيث تم التنفيذ طبقاً للخطوات الآتية :

١) إزالة طبقة البياض حتى يتم ظهور حديد تسليح البلاطات تماماً مع إزالة الرايش والمتهشم .

٢) صلب البلاطات بعروق خشب .

٣) زرع أشاير من حديد تسليح ٨ مم بطول ٦ سم باستخدام ثاقب كهربائى (شنيور) مع تثبيتها بمونة إيبوكسية مع دهانها بمادة إيبوكسية لاصقة حيث يتم زرع الأشاير بكامل سطح البلاطات كل حوالى ٦٠, متر فى الاتجاهين ، والغرض من زرع الأشاير هو تثبيت شبكة حديد التسليح الإضافى مع دخول أسياخ الشبكة الجديدة فى الكمرات المجاورة بقدر الإمكان كما فى الشكل التالى .



٤) تنظيف حديد التسليح المنفذ من الصدأ الذى لحق به باستخدام فرشة سلك وقد تم إزالة الصدأ تماماً بكامل مسطح البلاطة وإزالة الحديد التالف نتيجة الصدأ مع استعمال صنفرة رملية لتنظيف الأسطح من الحبيبات الدقيقة ويمكن استخدام هواء أو ماء مضغوط لذات الغرض وبالكشف عن الشروخ .

٥) دهان الحديد المتبقى بعد إزالة الصدأ وكذلك شبكة التسليح الإضافية بمادة إيبوكسية مانعة لصدأ الحديد فى المستقبل ويرش الحديد المدهون بالرمل قبل تمام جفاف المادة الإيبوكسية لتكوين سطح خشن .

٦) تدهن مسطح البلاطات بمادة لاصقة بين الخرسانة القديمة وطبقة البياض الجديدة معاً بمادة بلومرية ثم يصير تنفيذ طرطشة من الرمل والأسمنت بنسبة ١:١ لزيادة التماسك .

٧) يتم تنفيذ طبقة البياض (تلييس) بمونة أسمنتية إيبوكسية مقاومة للشروخ مكونة من :

١م^{٣} رمل نظيف : ٣٥٠ كجم أسمنت بورتلاندى عادى :

٣٠ كجم أديبوند : ٦ كجم أديكريت مبطىء للشك على أن يتم التنفيذ على طبقات كل طبقة ٢ سم كما فى الشكل السابق والذى يوضح الأشاير المزروعة وكذلك يوضح حديد التسليح الذى تم تنظيفه كما يوضح شبكة حديد التسليح الإضافية التى تم تثبيتها بالأشاير وكذلك الكمرات الحاملة للبلاطات ويلزم اتباع التعليمات الخاصة بالمواد الإيبوكسية المستخدمة والصادرة من أماكن تصنيعها .

ثم تكرار تنفيذ الخطوات السابقة على جميع بلاطات المبنى مع مراعاة الاتصال بين البلاطات والكمرات حسب ما سيتم شرحه فى تدعيم الكمرات ومع عدم تلامس حديد البلاطات القديم أو الإضافى مع الخرسانة القديمة وأن يكون محاطاً تماماً بالمونة الأسمنتية الإيبوكسية .

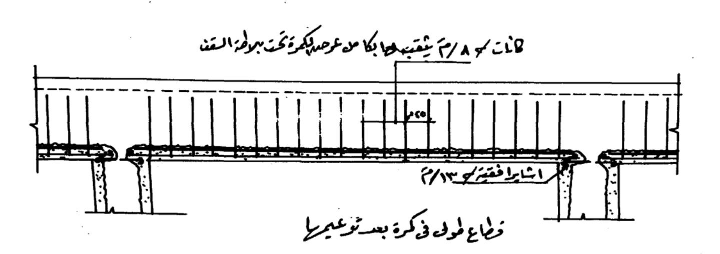
خطوات تنفيذ تدعيم الكمرات :

يتم تدعيم الكمرات فى نفس وقت تدعيم البلاطات وذلك كما هو موضح بالأشكال التالية وحسب الخطوات التالية :

١) صلب البلاطات المتصلة بالكمرة المطلوب تدعيمها وكذلك صلب الكمرات .

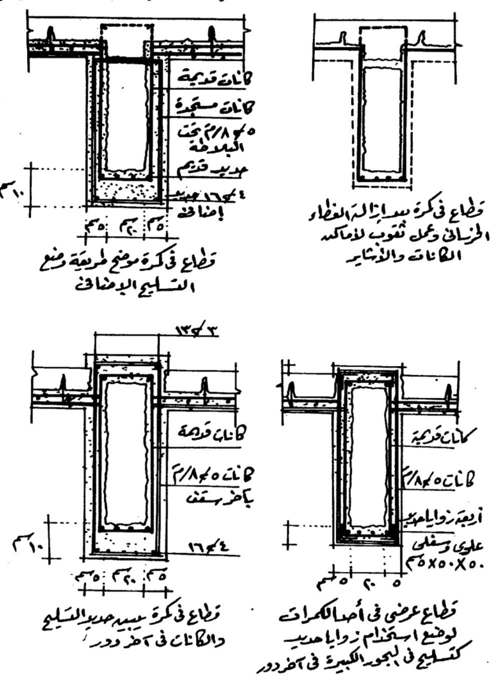
٢) إزالة طبقة البياض لكل كمرة حتى يظهر حديد التسليح السفلى والكانات لكمرات أسقف الدور الأرضى والأول (كما بالشكل التالى) أما فى كمرات سقف الدور الأخير فيلزم الكشف على حديد التسليح العلوى وتكسير جزء من البلاطة المتصلة بالكمرة كما فى الشكل التالى .

٣) إزالة صدأ حديد التسليح للكمرة تماماً باستخدام الفرشة السلك مع إضافة كانات على شكل ☐ لكمرات سقف الدور الأرضى والأول وقد تم تخريم الكمرة بقطر ١٣ مم كل ٢٥ سم تحت البلاطة مباشرة وتم ملء هذه الأخرام بمونة إيبوكسية بحيث تدخل كانة بالكامل فى هذه الخروم بحيث تكون الكانة بالكامل داخل مونة الإيبوكسى ولا تلمس الخرسانة مع عمل خروم أفقية بالعامود وتثبيت أشاير ليربط فيها أشاير الحديد المستجد السفلى كما فى الشكل التالى .



قطاع طولى فى كمرة بعد تدعيمها

أما عن كمرات الدور العلوى مع السقف فقد وضعت الكانة فى الكمرة بكامل قطاعها مع وضع حديد تسليح إضافى تم حسابه لكل كمرة على حدة حسب البحر وحسب الأحمال المؤثرة عليها ويمكن استخدام زوايا حديد على شكل L والأشكال الأربعة التالية تبين هذه المراحل .



٤) دهان حديد التسليح بمادة إيبوكسية مانعة لصدأ الحديد مع رش الحديد المدهون بالرمل قبل تمام جفاف المادة لتكوين طبقة خشنة تساعد على التصاق المونة التصاقاً جيداً .

٥) دهان سطح الكمرة بالكامل بمادة لاصقة بين الخرسانة القديمة والمونة الجديدة .

٦) يتم تنفيذ طبقة المونة الأسمنتية (مثل البلاطات) على طبقات حتى يتم عمل غطاء لحديد التسليح لا يقل عن ٢ سم مع مراعاة أن يكون حديد التسليح محاطاً بالمونة الأسمنتية تماماً وعلى ألا يلامس الخرسانة القديمة المحتوية على نسبة عالية من أيونات الكلوريدات والتى تسبب صدأ حديد التسليح .

٧) ثم تكرار الخطوات السابقة حتى يتم الانتهاء من تدعيم جميع الكمرات مع مراعاة دقة الربط بين حديد التسليح الإضافى والبلاطات والكمرات كما هو موضح بالأشكال السابقة مع الأخذ فى الاعتبار عدم تلامس حديد التسليح القديم أو الإضافى مع الخرسانة القديمة .

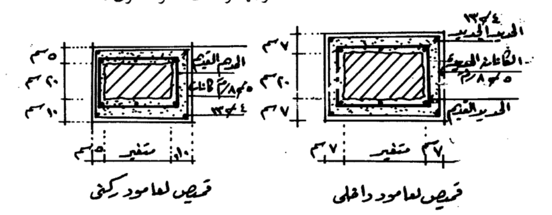
خطوات تنفيذ تدعيم الأعمدة :

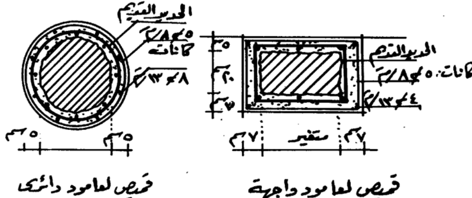
تم تدعيم أثناء صب الكمرات المتصلة بالعامود المطلوب تدعيمه وذلك طبقاً للخطوات الآتية :

١) إزالة طبقة بياض على أسطح العمود وحتى يظهر حديد التسليح الطولى والكانات تماماً .

٢) تنظيف صدأ الحديد بفرشة سلك تماماً مع إزالة الرايش والمتهشم من الخرسانة مع استعمال صنفرة رملية للتنظيف مع زرع أشاير من الحديد تثبت بالإيبوكسى كل ٥ سم لتربط الحديد المستجد .

٣) إضافة حديد التسليح الرأسى مع كانات جديدة حسب شكل وموضع العامود لتنفيذ قميص كما بالشكل التالى والذى يوضح تدعيم عامود داخلى وعامود فى ركن المنشأ وعامود على الوجهة وكذلك عامود دائرى .







قميص لعامود واجهة

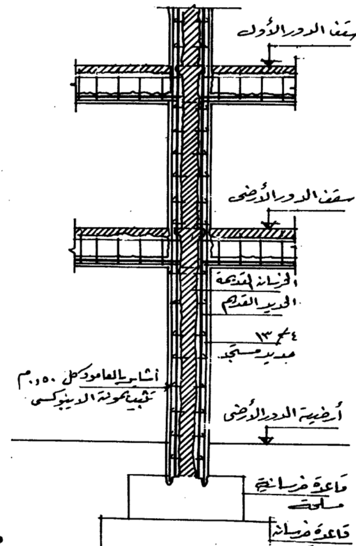
قميص لعامود دائرى

٤) ثم دهان حديد التسليح بمادة لحماية حديد التسليح من الصدأ مع الرش برمل ثم دهان أسطح العامود بمادة للصق الخرسانة المستجدة للقميص مع الخرسانة القديمة .

٥) والدهان السابق طرى ينفذ طرطشة ثقيلة من الرمل والأسمنت بنسبة ١:١ .

٦) ثم تنفيذ قمصان الأعمدة من الخرسانة باستخدام زلط رفيع للأعمدة الداخلية ، وقد تم (التلبيس) باستخدام مونة أسمنتية لبعض أوجه الأعمدة فى الأركان أو على الواجهة للحفاظ على الشكل النهائى للواجهات المعمارية وبسمك ٥ سم مع إحاطة حديد التسليح بخرسانة القمصان أو المونة إحاطة تامة لمنع تلامسه مع الخرسانة القديمة .

٧) ثم تكرار الخطوات السابقة لجميع أعمدة المبنى ، وتم استعمال المبنى بأمان تام بعد الانتهاء من أعمال الترميم وأعيد المبنى إلى شكله الجمالى بعد ترميمه بدهانه بالكامل ، هذا وتم إجراء الكشف على الأساسات ، وتم التأكد من خلوها من الكلوريدات الزائدة عن المسموح به ، ولم يظهر صدأ لحديد التسليح حيث تم استعمال ركام فى بداية التنفيذ لا يحتوى على نسبة عالية من الكلوريدات ، والرسم التالى يبين قطاع رأسى فى عامود داخلى واتصاله بالبلاطات والكمرات .

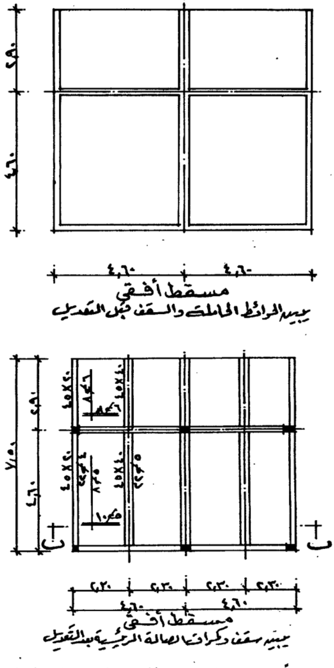


قطاع رأسي لتدعيم عامود داخلي واتصاله بالكمرات

مثال رقم (٢) لتغيير النظام الإستاتيكي للعناصر الحاملة للمنشأ .

معظم المبانى الحالية تنشأ بنظام الهيكل المكون من أعمدة وكمرات وأسقف ، ولكن توجد بعض المبانى ذات الحوائط الحاملة ، وفى بعض الأحيان تزال بعض هذه الحوائط الحاملة خصوصاً فى الأدوار السفلية لعمل محلات تجارية ، أو لتحسين التقسيم المعمارى ، وهذه الإزالة تؤثر تأثيراً ضاراً ، وتؤدى إلى تصدعات ، وفى بعض الأحيان إلى انهيار المبنى .

✱✱ مبنى المطلوب به تغيير النظام المعمارى بإزالة الحوائط الحاملة للأسقف لإنشاء صالة استقبال (٩٫٢×٧٫٥ م) كما فى الشكل التالى ، والمراد إنشاء هيكل خرسانى يتكون من بلاطة وكمرات وأعمدة وقواعد جديدة .



ونظراً لعدم توفر الرسومات الإنشائية لمعرفة صلب التسليح بالبلاطات ، فقد تم اختيار أنسب الأماكن لإنشاء الأعمدة حتى لا تعوق استخدام الصالة ، وبناء على ذلك كانت خطوات العلاج كالآتى :

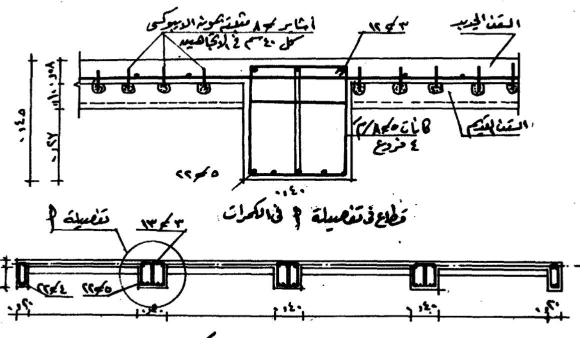
أ) جرى تصميم السقف الجديد طبقاً للكود المصرى لتصميم الخرسانة بسمك ٨ سم ومرتكز مباشرة على الكمرات الجديدة وعلى ألا يزيد عمق الكمرات بوسط الصالة عن ٤٥ سم لإنشاء السقف المستعار ، وذلك لعدم ظهور سقوط الكمرات بشكل يشوه الصالة .

ب) صلب السقف القديم للصالة والحجرات المجاورة لها وبشدة ملاصقة تماماً له فيما عدا أماكن الكمرات المستحدثة .

جـ) تم تفريغ خرسانة السقف القديم لأماكن الجسور

باستعمال المعدات اليدوية ، وذلك لتلافى الاهتزازات للسقف وزيادة تصدعه ودون المساس بصلب التسليح القديم .

د) تم إنشاء أعمدة خرسانية جديدة مرتكزة على قواعد منفصلة كما فى الرسم التالى :



هـ) جرى تخشين سطح السقف القديم وعمل عدد ثقوب ٤٠ سم فى الاتجاهين بقطر ١٢ مم لكل متر مسطح لتثبيت أشاير حديد قطر ٨ مم وبطول ١٠ سم لزيادة تماسك وربط السقف القديم بالسقف الجديد ، وعلى أن تحقن هذه الثقوب بعد تثبيت الأشاير بواسطة الإيبوكسى .

و) تم دهان السطح العلوى للسقف القديم بمواد كيميائية لزيادة قوى الترابط بين السقفين .

ز) تم صب السقف والكمرات باستخدام خرسانة ذات مقاومة عالية تم تجهيزها بالموقع .

العلاج :

لقد تم إزالة الغطاء الخرسانى للسقف بواسطة الطُّرق ، وتبين أن حجم صدأ حديد التسليح يختلف من مكان لآخر ، وبناء على ذلك فقد كان العلاج على عدة مراحل بالنسبة لصلب التسليح كما يلى :

أ) عندما يكون صدأ الحديد سطحياً وفى بدايته فمن السهل إزالته وتنظيفه بواسطة فرشاة من السلك .

ب) عندما يكون الصدأ متوسطاً ولا يتعدى ٢٠٪ من حجم التسليح الرئيسى فيتم إزالته بواسطة السفح الرملى (استعمال الرمل المحبب مع الهواء المضغوط بشدة) .

جـ) حديد التسليح شبه المتآكل وذلك فى الأماكن القريبة من تصريف مياه الأمطار تم إزالته بواسطة السفح الرملى والتعويض عنه بوضع تسليح إضافى له وبنفس القطر .

وقد تم دهان حديد التسليح فى جميع الحالات السابقة بمواد مانعة للصدأ (برير) بعد تنظيفه من جميع الأتربة والزيوت .

أما بالنسبة للخرسانة فقد تم عمل الآتى :

أ) عمل طبقة عازلة للرطوبة أسفل الميول التى توصل إلى مواسير الصرف ، وإصلاح بلاط الأسطح مع عمل ميول الصرف بطريقة صحيحة .

ب) بالنسبة للأماكن التى لم يظهر بها كربنة ، فقد تم عمل غطاء خرسانى جديد بمونة غنية بالأسمنت ، ومعالجته برشه بالماء تماماً حتى تصلده ، وتركه مدة كافية حتى يتم جفافه قبل التشطيب .

جـ) الأماكن الأخرى والتى ظهر بها كربنة ونسبة عالية من الكلوريدات والكبريتات تم عمل الآتى :

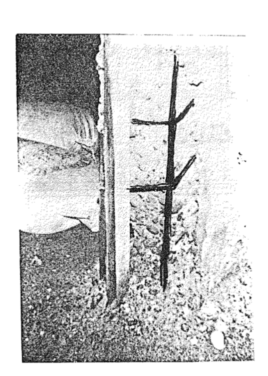
١) دهان سطح الخرسانة بمواد مساعدة لربط الغطاء الخرسانى وغير منفذة للكلوريدات والكبريتات من داخل الخرسانة القديمة لمنع تأثيرها على حديد التسليح .

٢) عمل الغطاء الخرسانى بواسطة مونة أسمنتية غير قابلة للانكماش وذات مقاومة عالية للضغط ورشه تماماً بالماء حتى تصلده .

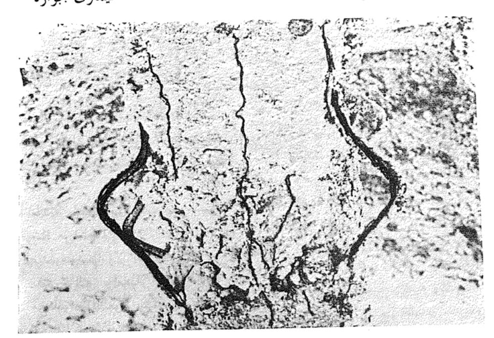
مجموعة من الأعمدة حدث لها عيوب التى بسببها
حدث التصدع



تصدع وتآكل بعامود بمحطة تحلية مياه
البحر

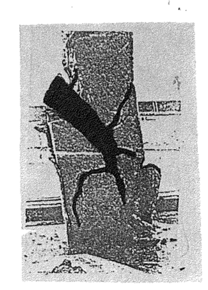


تصدع بعامود خرسانى لتخزين سماد
كيماوى بجواره



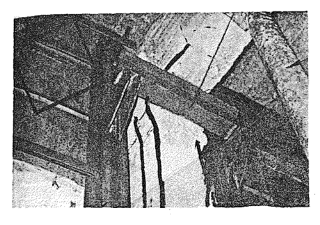
تصدع عامود بيدروم بسبب تعرضه لمياه كبريتية

مجموعة من الأعمدة حدث بها عيوب التى بسببها حدث التصدع



شكل يبين انهيار لقوى القص لأحد الأعمدة نتيجة زلزال فرانسيسكو

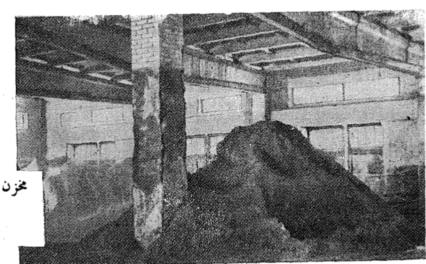
شكل يبين شدة لتدعيم عامود لعمل قميص خرسانة حوله



شكل يبين صلب عامود طرفى لتدعيمه

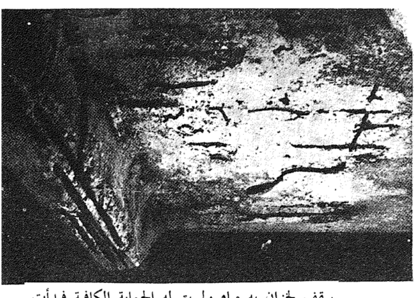


شكل يبين انتفاخ حديد التسليح بسبب عدم قدرته على تحمل الأحمال الواقعة عليه بالإضافة إلى تعرضه لمياه كبريتية من أسفل

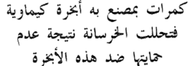


مخزن زراعى لتخزين السماد وقد تأثر العامود بكيماويات الأسمدة ومدى الإهمال فى عدم تعبئة الأسمدة فى أجولة

مجموعة من البلاطات والكمرات والعيوب التى بسببها حدث التصدع .

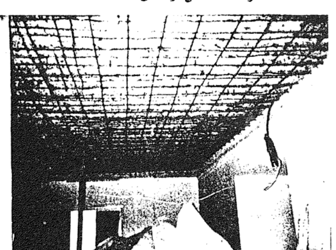


سقف لخزان به مياه ولم يتم له الحماية الكافية فبدأت الخرسانة تتحلل وبالتالى صدأ الحديد

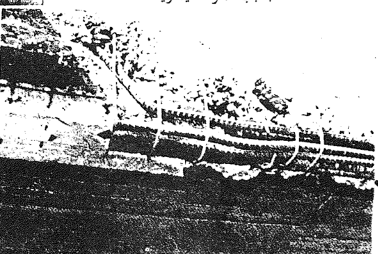


كمرات بمصنع به أبخرة كيماوية فتحللت الخرسانة نتيجة عدم حمايتها ضد هذه الأبخرة

حائط خرسانى مسلح تحللت الخرسانة بسبب أبخرة كيماوية



سقف خرسانى تم إزالة الغطاء الخرسانى بسبب وجود مواد كلورية بالزلط وينظف لوضع سقف آخر أسفله بشبكة من الحديد مع ربطه بأشاير فى السقف القديم

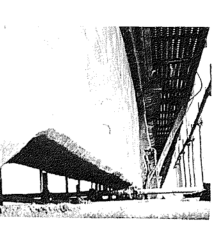


سقوط الغطاء الخرسانى لهذه الكمرة بسبب عدم وجود غطاء كاف لحماية الحديد

غازات وأبخرة كيمائية أثرت على الغطاء الخرسانى فتسببت فى سقوطها وصدأ الحديد

نظافة لعامود لعمل قميص له

طريقة عمل شدة لتدعيم عامود



طريقة تدعيم كوبرى لصدأ الحديد به



تساقط الخرسانة لضعف المونة

الفصل الرابع
الأساسات

أولاً : الأسباب الجيوتكنيكية لتصدع المنشآت :

قبل أن نبدأ فى دراسة الأساسات يجب أن نلقى الضوء على الأسباب الجيوتكنيكية لتصدع المنشآت وذلك نتيجة تعرض الأساسات لهبوط غير منتظم .

وذلك بسبب نقص فى الدراسات الخاصة بميكانيكا التربة لموقع المبنى ، وخطأ فى تطبيق الأحمال على تربة الأساسات ووجود مؤثرات خارجية على الأساسات وتربتها وخطأ فى تنفيذ الأساسات أو تصميمها الإنشائى أو ميكانيكا التربة ، ويجب الأخذ فى الاعتبار بكل هذه المشاكل وغيرها التى سببها الإهمال فى دراسة الأساسات ونوجز منها ما يلى :

١) خطأ فى تطبيق الأحمال على تربة الأساسات :

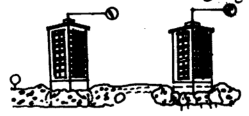
أ) عدم تناسب عرض الأساسات مع حمولتها :

لا يكتفى بأن تصمم مساحة أساسات مبنى بشكل متناسب مع حمولته ، بل يجب أن يكون عرض الأساس متناسباً أيضاً مع حمولته ، وهذا ما تؤكده لنا المعادلات العامة لحساب تحمل التربة تحت الأساس .

ب) عدم تنفيذ الأساسات بالعمق المطلوب ، يؤدى إلى التأسيس على طبقات ذات سماكة قليلة مما قد يعرض المنشأ للانهيار كما فى الشكل التالى :

التأسيس على طبقة تربة قوية سمكها قليل ويجب حساب الجهد على طبقة التربة الضعيفة

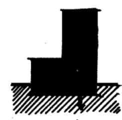
جـ) عدم دراسة التربة الضعيفة جيداً حيث إن الخطأ فى تقدير الهبوط أو فى درجة تجانس التربة يعرض المنشأ للخطر كما فى الشكل التالى :



تقدير الهبوط تابع لانضغاطية التربة وتجانسها ورغم تقارب المبنيين إلا أن المبنى (٢) منضغط أكثر من المبنى (١)

د – تأسيس مبنى ثانوى بتماس مبنى رئيسى :

إن إشادة مبنى ثانوى ملاصق لمبنى رئيسى يعرض منطقة التلاصق إلى التصدع بسبب القيمة الكبيرة للهبوط الكلى للمبنى الرئيسى ، كما فى الشكل التالى بغض النظر عن نوع الأساس المستخدم ، والحل هو اعتماد فاصل هبوط بين المبنيين والعمل على جعل فرق هبوطهما مقبولاً إذا كان ذلك ضرورياً .

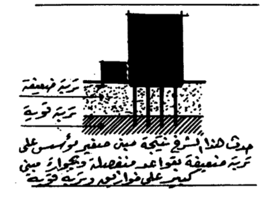


حدث هذا الشرخ الخطير لتشييد مبنى ثانوى ملاصق لمبنى رئيسى

هـ) جمع أنواع مختلفة من الأساسات وتأسيسها على مناسيب مختلفة :

إن الاختلاف فى السلوكية الميكانيكية للأساسات ينتج عنه فرق فى الهبوط ويزيد فى هذا الفرق :

* تأسيس أنواع مختلفة من الأساسات على مناسيب مختلفة من طبقة واحدة كما فى الشكل التالى :
* تأسيس أنواع مختلفة من الأساسات على مناسيب مختلفة وعلى طبقات مختلفة .



حدث هذا الشرخ نتيجة مبنى صغير مؤسس على تربة ضعيفة بقواعد منفصلة وبجوار مبنى كبير على خوازيق وتربة قوية

٢) عيب فى تربة التأسيس :

تعتبر الدراسات المجراة على موقع المشروع وفق النظم العالمية بمثابة الدراسات الأولية حيث إن إجراء دراسة تعطى فكرة دقيقة عن الواقع الجيوتكنيكى للموقع أمر شبه مستحيل نظراً لتكلفته العالية التى قد تتجاوز حدود المنطق وبناء على ما تقدم فإن الدراسة الأولية قد تكون عاجزة عن معرفة عيوب جيوتكنيكية كثيرة أهمها :

أ) وجود طبقة تربة ضعيفة :

إن عدد الجسات التى تفرضها الأنظمة للدراسة الجيوتكنيكية للموقع قد لا تكشف عن وجود طبقات للتربة ضعيفة متواجدة

داخل طبقة التأسيس مما قد يعرض المبنى للتشقق نتيجة لهبوط تفاضلى كبير .



حدث هذا الميل نتيجة عدم وجود جسات فى الموقع كافية فالمبنى (١) أسس على تربة ضعيفة والمبنى (٢) أسس على حصى ورمل

ب) تأسيس جزء من المنشأ على طبقة ردم :

عند المباشرة ببناء مناطق توسع المدن يجب الانتباه إلى أن هذه المناطق استخدمت سابقاً لإلقاء الردميات وقد يصادف أن لا تكشف الجسات أجزاء من الموقع تعرضت للردم مما قد يعرض المبنى المشاد على هذا الموقع إلى الهبوط التفاضلى ثم التشقق كما فى الشكل التالى :



هذا الشرخ سببه أن جزء من المبنى أسس على ردم والآخر أسس على حصى ورمل

جـ) وجود إنشاءات قديمة :

إن وجود الإنشاءات القديمة (أنفاق أو ما فى حكمها) أو بقايا الإنشاءات القديمة (أساسات – جدران) يزيد من صلابة التربة ويقلل من هبوطها وهذا يؤدى إلى إحداث فرق هبوط يؤدى إلى تصدع المنشأ المشاد على الموقع .

د) التأسيس على طبقة تربة معرضة للانزلاق :

إن التأسيس على طبقة مائلة يعرض التربة للانزلاق وذلك عند إشباعها بالماء (فصل الشتاء) مما يؤدى إلى تصدع المنشأ . كما فى الشكل التالى يبين مبنى شُيِّد على تربة مائلة تنزلق باتجاه واحد أو إذا شُيِّد على قمة هضبة تتعرض فيها الطبقة الغير مستوية للانزلاق بجميع الاتجاهات الأفقية :



هذه الشروخ سببها التأسيس على طبقة معرضة للانزلاق

تجانس التربة ، ولو حدث هذا الخطأ تعرض المنشأ للخطر .

هـ) عدم الوصول إلى العمق المطلوب :

إن عدم التنفيذ لعمق المطلوب يؤدى إلى التأسيس على طبقات ذات سماكة قليلة مما قد يعرض المنشأ للانهيار وإذا تم هذا فيجب أن يكون التصميم على الطبقة الضعيفة السفلية .

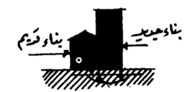
و) يجب الدقة وعدم الخطأ فى تقدير الهبوط أو فى درجة

٣) مؤثرات خارجية على الأساسات وتربتها :

إن تصدع المنشأ قد يكون لأسباب أخرى ليس لها علاقة بواقع التربة أو المنشأ عند التصميم ، أى هى غير الأسباب المذكورة سابقاً وأهمها :

أ) تأسيس مبنى جديد بجوار مبنى قديم :

إن إشادة مبنى جديد بجانب مبنى قديم يخلق إجهادات جديدة على تربة الأساسات المجاورة والخاصة بالمبنى القديم فيتعرض المبنى للتشققات نتيجة للهبوطات التفاضلية الحاصلة بين أساساته .



ب) وضع حمولات جديدة على جزء مبنى قديم أو بجواره :

إن تخزين المواد بجانب مبنى قائم أو وضعها على جزء منه (بناء على جزء من السطح الأخير ، تخزين مواد فى قسم من البدروم) هو عبارة عن زيادة فى الحمولات على جزء من أساسات المبنى دون غيرها ، وهذا يخلق هبوطاً تفاضلياً قد يؤدى إلى تشقق المبنى .

جـ) تنفيذ حفريات مجاورة :

يجب أن لا تؤثر الحفريات المجاورة على منطقة التربة المجهدة للأساسات المجاورة للحفرية والعائدة للمبنى القديم . حيث إن ذلك يحدث خللاً فى التربة وبالتالى هبوطاً فى الأساسات ثم تشققاً فى المبنى .



سبب الشرخ وجود صرف رشح بجوار المبنى

إن هذا الخطأ يحدث عند تنفيذ حفرية مبنى مجاور كما فى الشكل السابق أو عند تنفيذ حفرية عميقة لخندق صرف رئيسى أو ما شابه ذلك .

والحل فى مثل هذه الحالة تنفيذ حفريات مدعمة أصولاً لأن عدم الدقة فى تنفيذ التدعيم يعرضه للانهيار .

د) مرور آليات أو دق خوازيق بجانب المنشأ :

عدا أن مرور الآليات الثقيلة يؤثر على الأعمال المنفذة تحت الأرض (أنفاق – مجارى ..) فإنه يحدث موجات اهتزازية تساعد على تفكك التربة وكذلك الحال عند دق خوازيق كما فى الشكل التالى وعليه قد يحدث تشققات فى المنشآت المجاورة بسبب الهبوطات الحاصلة .

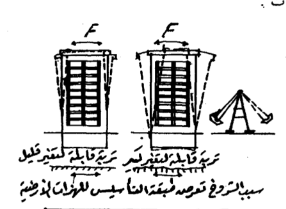


سبب التروخ دق خوازيق بجوار مبانى قديمة

هـ) تعرض طبقة التأسيس للهزات الأرضية :

إن أثر الهزة الأرضية على تربة الأساسات أثر مزدوج فبالإضافة إلى هبوط التربة تحت الأساسات بسبب التعرض لموجات الهزة الأرضية فهى تحدث تمركزاً فى الإجهادات المطبقة على التربة بواسطة الأساسات بسبب حالة عدم جسات المنشأ .

والنتيجة حصول هبوطات قد تؤدى إلى تشققات فى المنشآت .



سبب التروخ تعرض طبقة التأسيس للهزات الأرضية

و) تعرض أساسات المنشأ أو تربته لفعل المحاليل الكيماوية:

إذا تعرض جسم بعمق الأساسات لفعل المحاليل الكيماوية المؤثرة عليه فهذا يعنى إضعاف جسم الأساس وتعرضه للانكماش . وبالتالى تعرض المنشأ لإمكانية الانهيار .

أما إذا تعرضت تربة بعض الأساسات لفعل المحاليل الكيماوية المؤثرة عليها فهذا يعنى إضعاف قيمة تحمل التربة وحدوث الهبوط التفاضلى وبالتالى تعرض المنشأ لإمكانية الانهيار .

ز) أثر الماء على تربة الأساسات :

❋ أثر صرف وتخفيض مستوى الماء الجوفى :

فى حالة تكون تربة أساسات مبنى متأثرة بالمياه الجوفية ، فإن ضخ المياه (عن طريق بئر أو حفرة مجاورة كما فى الشكل التالى) والمؤدى إلى تخفيض مستوى الماء الجوفى يحدث تشققات فى المبنى بسبب هبوط وانجراف التربة وانهيار ميل جوانب الحفرة .



سبب التروخ ضخ الماء الجوفى من البئر المجاور

❋ أثر تغير درجة رطوبة تربة الأساسات :

قد تنتج التشققات فى المنشآت بسبب الهبوط التفاضلى الذى تتعرض له الأساسات نتيجة إلى انكماش تربة الأساسات المحيطة فى فصل الصيف أكثر من تربة الأساسات الداخلية أو انكماش تربة مجموعة الأساسات المجاورة لمصدر حرارى أكثر من غيرها أو انكماش تربة الأساسات المتأثرة بجذور الأشجار المزروعة فى الحدائق .

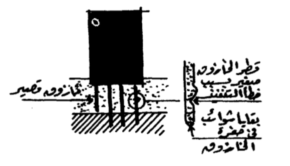
❋ انتفاخ تربة الأساسات المحيطة فى فصل الشتاء (مطر متجدد) أكثر من تربة الأساسات الداخلية أو انتفاخ تربة مجموعة الأساسات المجاورة لمصدر مائى أكثر من غيرها .

٤) خطأ فى تنفيذ الأساسات أو فى تصميمها الإنشائى أو الجيوتكنيكى :

أ) التأكد من سلامة تنفيذ جسم الأساس :

يجب أن يكون جسم الأساس سليماً محققاً للمواصفات المطلوبة ليقوم بنقل الحمولات إلى التربة بشكل سليم .

إن شيوع استخدام الأساسات العميقة هى نتيجة حتمية لميزات هذا النوع ولكن كثرة عيوب ما كان منها فى المكان يجعلنا نتنبه إلى أهمية التدقيق فى هذه الناحية خاصة الأساسات الخازوقية كما فى الشكل التالى :



ب) تدقيق التصميم الإنشائى :

يجب إجراء تدقيق على التصميم الإنشائى لأن أى خطأ فى حساب الأحمال المطبقة على الأساس أو فى التصميم الإنشائى للأساس نفسه قد يكون سبباً فى تصدع المنشأ .

جـ) تدقيق الشروط الجيوتكنيكية للأساس :

إن أثر الجليد يضعف جسم الأساس وقد يؤدى إلى تصدعه لذا يجب أخذ الاحتياطات اللازمة وإبعاد ظهر الأساس عن سطح الأرض المعرضة للجليد بالقدر الكافى .

ولكل هذه الأسباب مجتمعة أو منفردة قد تفيدنا لمعرفة أسباب الانهيار الخاص بالأساسات ، والذى يؤثر على جميع أعضاء المنشأ بالتالى وما ذكر تقريباً هى الأخطاء التى يجب مراعاتها عند التأسيس .

ثانياً : تدعيم وتقوية وعلاج الأساسات السطحية :

تنحصر هذه الدراسة فى الآتى :

١) علاج صدأ الحديد .

٢) إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات .

٣) زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة .

٤) تقوية الأساسات بتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة .

٥) تقوية الأساسات بزيادة سمك اللبشة .

٦) مبنى مؤسس على قواعد منفصلة وتم زيادة أساسات خازوقية جديدة .

٧) إضافة قواعد مسلحة زيادة وعلاج الأساسات لإنشاء المبنى على تربة منتفخة .

٨) حقن التربة .

٩) تجميد التربة .

ثالثاً : الأساسات العميقة وتنحصر فى الآتى :

١ - استعمالات الخوازيق .

٢ - مثال لمبنى قواعده منفصلة وتم له أساسات خازوقية جديدة .

٣ - القمصان .

١) علاج صدأ الحديد :

صدأ الحديد فى القواعد المنفصلة للأساسات : من المعروف أن الحديد الذى يتحمل الشد هو أسفل القاعدة ، أما الحديد الذى بالجوانب فهو تدعيم تماسك الحديد مع الخرسانة وعادة ما يكون ظهر القاعدة خالياً من الحديد إلا فى حالات خاصة من التصميم توجد شبكة عليا ويتبع الخطوات التالية فى حماية صدأ الحديد .

أ) من الممكن وقف صدأ الحديد عن طريق الحماية الكهربائية السابق ذكرها وهذه الطريقة مكلفة للغاية .

ب) يوجد عدة طرق لتحديد عدد وأقطار وكمية الصدأ لحديد التسليح منها جهاز الإلتراسونيك (جهاز الأشعة فوق الصوتية) أو جهاز الباكوميتر أو جهاز أشعة جاما أو أحد الأجهزة المشروحة سابقاً فإذا كان صدأ الحديد مؤثراً ووصل إلى مرحلة خطرة ويؤثر على كفاءة العنصر الخرسانى لابد من اللجوء إلى زيادة قطاع الأساسات ، ويسبق هذا علاج الشروخ سواء أكانت من أى نوع وسنشرح هذه الطريقة تحت بند زيادة مساحة القواعد المنفصلة .

جـ) إذا كان بالحديد الذى ظهر من التكسير صدأ غير مؤثر لوقف زيادة صدأ الحديد وعلاجه يتم بإزالة الجزء المتاح من الغطاء الخرسانى وصنفرته جيداً بالفرشاة السلك العادية أو المركبة على شنيور أو بجهاز مدفع الرمل sand blast ثم يتم دهان الحديد بعد نظافته بالدهانات الإيبوكسية المحتوية على زنك أو بدهانات كروميد الزنك .

د) يتم عمل الطرطشة بمونة أسمنتية غنية حوالى ٤٠٠ كجم/م^3 رمل مع إضافة مواد رابطة أو دهان الخرسانة القديمة بالإيبوكسى اللاحم وذلك قبل صب الخرسانة بمدة لا تزيد عن ٤٠ دقيقة أو بروبة الجنرال بوند .

هـ) يتم عمل الغطاء الخرسانى بالمونة الإيبوكسية أو بمونة ألياف الزجاج أو بمونة بولومرية متغلغلة أو بخرسانة مضاف إليها مواد تقليل الانكماش وزيادة مقاومة الضغط بشرط أن يكون الزلط المستعمل فينو .

و) يتم العزل بعد ذلك إما بإضافة مواد إشراب الأسطح لمنع تغلغل الكبريتات داخل الخرسانة أو دهان بثلاث طبقات من البيتومين المائى المطاطى بيروبلاست أو بإحدى طرق العزل المعروفة .

٢) إصلاح الشروخ الخرسانية بالأساسات :

كما سبق شرحه فى علاج الشروخ قد تنشأ هذه الشروخ فى الأساسات من حدوث هبوط غير متكافىء differential settelment وذلك نتيجة الأحمال الواقعة على المنشأ أو أى خطأ فى التأسيس على تربة غير متجانسة أو سحب مياه بشدة من تحت الأساسات فيتسبب فى خلخلة التربة أو حدوث حفر عميق بجوار المبنى أو أحد الأسباب التى ذكرناها سابقاً فيتم العلاج كالآتى :

أ) يتم علاج صدأ مثل الطريقة السابقة ثم يتم إزالة الأجزاء الضعيفة وتوسيع الشروخ بقدر الإمكان بعمق مناسب ثم التنظيف بالكمبرسور ثم ملء هذه الشروخ بالمونة الغير قابلة للانكماش أو بالمونة الفيبر جلاس fiber glass morter أو بالمونة

الإيبوكسية epoxy morter مع التأكد من وصول هذه المونة إلى عمق الشروخ .

ب) إذا كانت الشروخ ضيقة فتعالج بالنظافة بالهواء المضغوط ثم ضخ الإيبوكسى إما بطريقة الأنابيب المعدنية أو بإحدى الطرق ثم يتم عزل القاعدة عزلاً جيداً كما سبق شرحه .

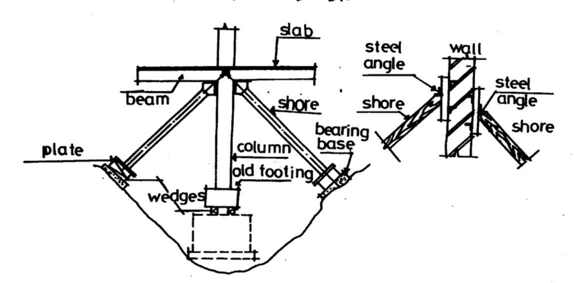
٣) زيادة مساحة التحميل على الأرض أو زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة :

تتم زيادة مساحة التحميل على الأرض بإحدى الطرق الآتية :

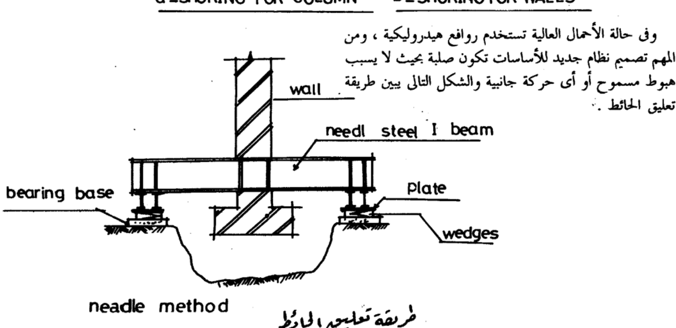
أ) تتم زيادة مساحة القاعدة بالحفر أسفلها بإزالة الحمل عن القاعدة :

١) والشكل التالى يوضح طريقة صلب shoring عامود أو حائط لنقل الحمل إلى التربة بطريقة مؤقتة حتى يتسنى إزالة وتعديل عمق أو أبعاد الأساسات القديمة ويجب قبل إزالة الصلبات مراعاة أن يتم التأثير بانفعال مرن elastic strain عكسى لمعادلة القوى الأصلية حتى لا يحدث هبوط للعامود أو الحائط المراد تعديل أساسه كما فى الشكل التالى على أنه من الممكن تعليق الحوائط بدلاً من صلبها وذلك بعمل فتحات فى الحائط ويمكن ربط الكتل الخرسانية الجديدة بشبكة من الميدات للوصول إلى هبوط متكافىء وتثبت الكمرات بطريقة كاملة عن طريق خوابير wedges تعمل على تمام تحميل الحائط وفى كل الأحوال يتم نقل الحمل من العامود أو الحائط إلى الأساس الجديد بواسطة الخوابير wedges أو روافع بريمية screw jack .

شكل يبين طريقة صلب الحائط وعامود

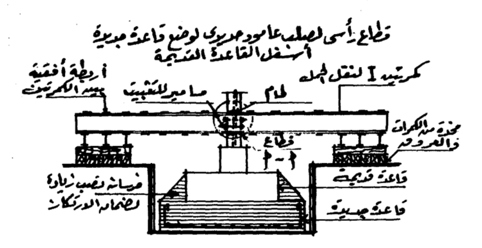


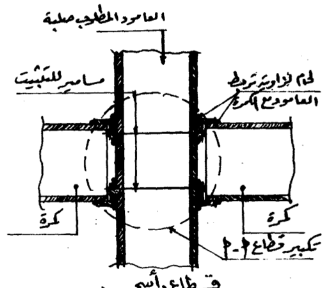
وفى حالة الأحمال العالية تستخدم روافع هيدروليكية ، ومن المهم تصميم نظام جديد للأساسات تكون صلبة بحيث لا يسبب هبوط مسموح أو أى حركة جانبية والشكل التالى يبين طريقة تعليق الحائط .



طريقة تعليق الحائط

٢) فى حالة ما إذا كانت القاعدة المسلحة تركب عليها عامود من الصلب يتم رفع القاعدة حسب الشكل التالى :





قطاع رأسى
يبين طريقة صلب العامود الحديد لزيادة الأساسات أسفل القاعدة القديمة

ب) زيادة مساحة القواعد المنفصلة بدون الحفر أسفلها :

وهذه الطريقة أقل تكلفة من سابقتها وهذه الطريقة تحدث تلافى عيوب حديثة بالأساسات من الناحية التصميمية ، أو من الناحية التنفيذية ، أو وصول صدأ الحديد إلى مرحلة خطيرة ، أو إضافة حمال جديدة إلى المنشأ ، أو عند تحويل المبنى إلى نوع آخر ن المبانى مثل تحويل مبنى سكنى إلى مبنى إدارى أو رياضى لا بد من الأخذ فى الاعتبار أن عمل قميص للقاعدة القديمة سيؤدى إلى تولد قوى قص كبيرة عند اتصال الخرسانة القديمة الجديدة عندما تهبط القاعدة المركبة تحت تأثير الحمل الجديد ، لذلك يجب أن تكون أسطح الاتصال خشنة جداً وتزود سامير قص أو أشاير كافية لنقل قوى قص أكبر من تلك الناتجة ن حاصل ضرب جهد التربة تحت القاعدة المركبة فى مساحة

القطاع المضاف كما يستحسن لحام الحديد الأصلى بعد فرده واستعداله ، وتتم الزيادة بالطريقة الآتية :

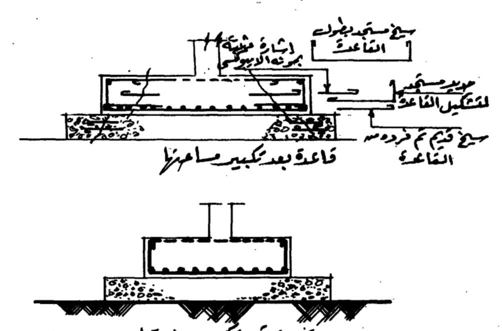
١) يتم أولاً الحفر للوصول إلى القواعد العادية والمسلحة ثم يتم عمل دمك جيد للتربة حول القاعدة ويتم تنظيف القواعد العادية جيداً .

٢) يتم زرع أشاير ١٢ مم فى جميع جوانب القاعدة العادية ، وتزيد القاعدة العادية حسب الزيادة فى أبعاد القاعدة المسلحة حيث من الخطأ تحميل القاعدة المسلحة على التربة مباشرة ، وتكون الأشاير على مسافات من ٥٠ إلى ٧٠ سم فى جميع الاتجاهات ، وتصب للقاعدة العادية الخرسانة المطلوب زيادتها مع إضافة مادة لحام للخرسانة القديمة بالجديدة بعد عمل طرطشة بمونة أسمنتية بنسبة ٤٠٠ كجم / م^3 مع إضافة مواد رابطة بولومرية أو دهان بالإيبوكسى اللاحم للخرسانة القديمة مع الجديدة ، ويستحسن عمل ميول فى الخرسانة العادية القديمة قبل الصب ، لأنه فى ميل الخرسانة القديمة يزيد سطح التماسك بين القديمة والجديدة بخلاف الأشاير المثبتة بمونة الإيبوكسى .

ثم يفرد حديد القاعدة المسلحة أو يوضع أشاير ١٦ مم فى جوانب القاعدة المسلحة وأعلاها أو ربط الحديد الجديد للقاعدة مع الحديد القديم بطريقة اللحام ، وذلك بعد إزالة الغطاء الخرسانى وتنظيف الخرسانة من الفتات بضغط الهواء وتثبيت الأشاير بمونة الإيبوكسى .

٣) يتم تركيب الحديد الجديد حسب التصميم المطلوب ، ثم الطرطشة بالمونة السابقة للخرسانة العادية ، ثم يتم الصب بخرسانة بنسبة أسمنت ٤٠٠ كجم / م^3 رمل مع استعمال إضافات تقليل الانكماش ومنع نفاذية المياه وزيادة مقاومة الضغط .

٤) بعد فترة من وقت الصب وجفاف الخرسانة يتم عزل الخرسانة ودهانها بالبيتومين أو بأى طريقة عزل أخرى .



قاعدة بعد تكبير مساحتها

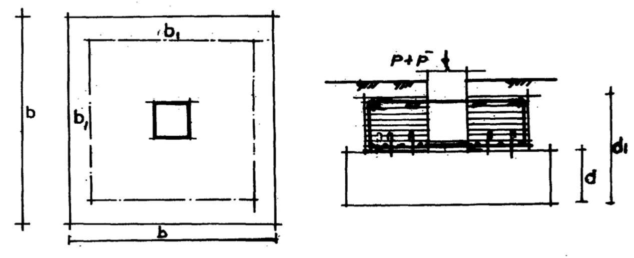
قاعدة قبل تكبير مساحتها

ج) زيادة ارتفاع القاعدة المسلحة فى حالة تحمل جهد التربة للأحمال الزائدة أو حقن التربة أسفل القاعدة القديمة :

لتحقيق هذا الغرض تتبع المراحل الآتية :

١) يتم إزالة السطح العلوى وتنظيفه ووضع أشاير ربط رأسية مثبتة بالقاعدة القديمة مع زيادة ربط القاعدة الجديدة بالقاعدة الأصلية ليعملا معاً .

٢) يتم عمل فتحات فى العامود لدخول الحديد السفلى للقاعدة الجديدة ودهان السطح العلوى للقاعدة القديمة بمادة ربط مثل ما سبق شرحه .

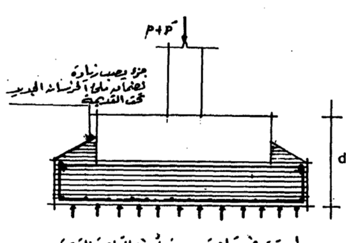


قطاع فى قاعدة جديدة تم تكبيرها على قاعدة قديمة

d = الارتفاع القديم
d_1 = الارتفاع الجديد
b_1 = عرض القاعدة القديم
b = عرض القاعدة الجديد

د) زيادة مساحة القاعدة أسفل القاعدة القديمة :

لتحقيق هذا الغرض يتم رفع القاعدة القديمة وعمل قاعدة جديدة أسفل القاعدة القديمة بشرط صب جزء زيادة لضمان التصاق الخرسانة الجديدة بالقديمة ، وقبل ذلك ينظف السطح السفلى القديم بإحدى الطرق السابقة ، ويجب زيادة القاعدة العادية حسب الطريقة المشروحة سابقاً فى البند (ب) .



طريقة وضع قاعدة جديدة أسفل القاعدة القديمة

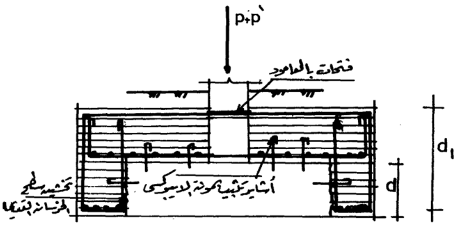
هـ) زيادة مساحة القاعدة وارتفاعها :

لتحقيق هذا الغرض يتم زيادة القاعدة بالطريقة الآتية :

١ - تزاد القاعدة العادية كما شرح فى البند (ب) .

٢ - تخشين جيد فى السطح القديم وتثبيت أشاير بمونة الإيبوكسى .

٣ - يوضع التسليح الجديد حسب التصميم المطلوب بشرط أن يمر السيخ السفلى والعلوى مخترقاً العامود وذلك حسب الشكل التالى :



قطاع فى قاعدة زاد ارتفاعها ومساحتها

٤) تقوية الأساسات بتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة :

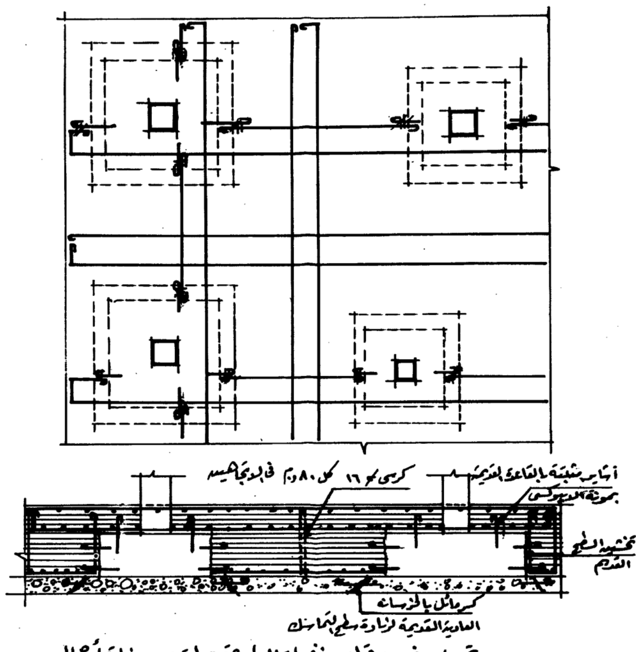
لتحويل القواعد المنفصلة إلى لبشة مسلحة يجب اتباع الآتى :

أ) الحفر أولاً حول القواعد الخرسانية العادية السابقة وتكسيرها من الأطراف لعمل ميول فى الخرسانة العادية ، وذلك لزيادة سطح التماسك بين الخرسانة القديمة والجديدة ، ثم يتم عمل خروم فى الخرسانة العادية وتثبت أشاير بمونة الإيبوكسى ، ثم التنظيف جيداً بضغط الهواء أو بمدفع الرمل ، ثم يتم عمل طرطشة بمونة غنية بالأسمنت مع مادة رابطة ، ويجب أن تكون كمية الطرطشة لا تقل عن ١,٥ سم لتساعد الفجوات التى بالخرسانة القديمة على التداخل وتغليف الزلط بالمونة ، ثم يتم صب الخرسانة العادية .

ب) يتم زرع أشاير بالقواعد المسلحة وتكون ذات جنشات لتربيط التسليح الجديد السفلى للبشة بهذه الأشاير المثبتة بمونة الإيبوكسى ، كما يراعى تخريم الأعمدة فى الضلع الأصغر منها لتمرير الحديد الجديد للطبقة العليا فى هذه الخروم مع تخشين سطح القواعد القديمة والأعمدة ، ويستحسن لحام الأشاير مع الحديد الجديد ، وتتم النظافة بإحدى الطرق السابق شرحها .

جـ) يتم دهان الخرسانة بالإيبوكسى اللاحم للخرسانة أو الطرطشة بطبقة سميكة من مونة بها مواد رابطة بلومرية ، ويتم صب الخرسانة بنسبة ٤٠٠ كجم / م^3 رمل مع إضافات تقليل الانكماش ومنع النفاذية وتزاد مقاومة الانضغاط .

د) يجب التنبيه إلى ضرورة العزل وعمل الحماية الكاملين للخرسانة بعد إتمام التقوية .



تحويل مبنى به قواعد منفصلة الى لبشة مسلحة بسبب زيادة الأحمال

ملحوظة : فى حالة تحويل ربط قاعدتين منفصلتين إلى قاعدة واحدة يتبع الأسلوب الذى تم سابقاً لتحويل عدة قواعد منفصلة إلى قاعدة شريطية .

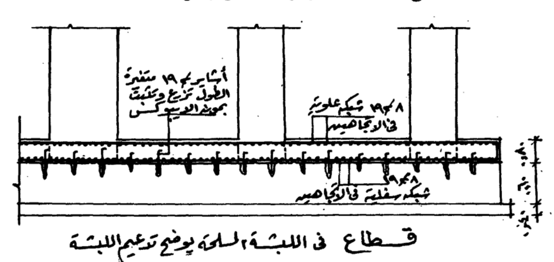
٥) تقوية الأساسات بزيادة سمك اللبشة :

فى حالة الرغبة فى تعويض النقص الناشىء فى مساحة صلب التسليح نتيجة الصدأ أو فى حالة الرغبة فى زيادة أدوار بخلاف الأدوار التى تم التصميم عليها فإنه يمكن إضافة طبقة جديدة أعلى اللبشة المسلحة لزيادة العمق ، وهناك مثال تم تنفيذه بمدينة القاهرة .

تم تصميم برج سكنى بمدينة القاهرة على أن يتكون من ١٥ طابق ، وكان الأساس عبارة عن فرشة من الخرسانة العادية بسمك ٤٠ سم ترتكز عليها لبشة من الخرسانة المسلحة بسمك ٦٠,م وأثناء التنفيذ أضيفت ٥ طوابق ليصير عدد الأدوار ٢٠ بدلاً من ١٥ دور ، وبعد الدراسة اتضح عدم أمان الأساسات المنفذة ، ويحتاج إلى تدعيم ، وتم الإصلاح بالطريقة الآتية :

تم حساب سمك وتسليح الجزء الإضافى المطلوب إضافته للبشة ، وبناء على ذلك تم تخشين السطح العلوى للبشة الخرسانية القديمة ، وتم زرع أشاير فى اللبشة القديمة مثبتة بمونة الإيبوكسى ، وذلك لربط الخرسانة القديمة بالخرسانة الجديدة ،

ووجد أن اللازم زيادته لهذا السمك هو إضافة ٨٠ سم كلبشة مستجدة فوق اللبشة القديمة بتسليح شبكتين سفلية وعلوية ٨/١٩م٢ فى الاتجاهين ، بالإضافة إلى أنه تم تدعيم أعمدة الدور الأرضى وعمل قمصان لها .



قطاع فى اللبشة المسلحة يوضح تدعيم اللبشة

٦) مثال لمبنى مسجد لا يتحمل سوى دور واحد والمراد زيادة خمسة أدوار فوقه :

هذا المبنى بمدينة نصر وهو عبارة عن مسجد لإحدى الجمعيات الخيرية الخاصة ، وقد فكروا بأن يستفيدوا بتعلية خمسة أدوار فوق هذا المسجد لاستعماله عيادة ومستشفى ، علماً بأن السقف الموجود بهذا المسجد لم يصب سقفه حسب المواصفات، وبه ترخيم ظاهر فى البلاطات وبدراسة هذا المبنى تبين الآتى :

١) المسافة بين الأعمدة من المحور إلى المحور ٥,٥ م والارتفاع ٥ م من أرضية المسجد ، وأن القواعد الخرسانية العادية بسمك ٣٠ سم وتزيد عن الخرسانة المسلحة بمقدار ٢٠ سم من جميع الجهات ، وأن أكبر قاعدة مسلحة ١,-×١,- بارتفاع ٣٠ سم وبتسليح ٥ ϕ ١٣ فى الاتجاهين ، ولم توجد ميدات إلا فى الداير الخارجى الذى ينشأ عليه الحوائط المبنية من الطوب الأحمر بعرض ١٢ سم ، وأن طبيعة الأرض رملية ، وتم عمل جسة يدوية ، ووجد أن الرمل يستمر حتى عمق الجسة ، وكان عمقها خمسة أمتار ، ووجد عمق الحفر للأساسات ١,٢م وأن المسجد كان مرتفعاً عن منسوب الأرض الطبيعية ١,٢٠م .

٢) الأعمدة الداخلية جميعها ٣٠×٣٠ ، والخارجية ٢٥×٣٠ والجميع بتسليح ٤ ϕ ١٣ .

٣) تسليح البلاطات ٥ ϕ ٨ فى الاتجاهين وبسمك لا يزيد عن ٦ سم والسطح به طبقة عازلة دهان بيتومين وفوقه بلاط أسمنتى ، والظاهر فى هذا السقف عندما تقف عليه يتأثر بأى هزة وبأى صدمة بسيطة .

٤) الكمرات بسقوط ٣٠ سم وبعرض ٢٥ سم بتسليح سفلى ٤ ϕ ١٣ وعلوى ٢ ϕ ١٠ .

٥) جميع الحديد الموجود فى المنشأ كله لم يكن به صدأ وأن حالة الخرسانة جيدة .

٦) من الشرح السابق وجد أن هذا المبنى لم يخضع لأى مواصفات فى تنفيذه ، ولم يكن عليه أى إشراف فى حالة التنفيذ ولم يوجد لهذا المبنى أى رسومات ، وتم العلاج بالطريقة الآتية :

أولاً : الأساسات :

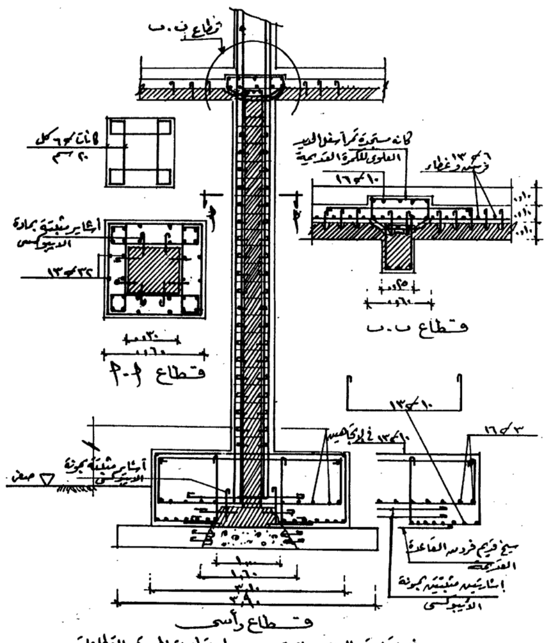
بالحساب وجد أن الأعمدة الداخلية حسب الرسومات الجديدة تتحمل حوالى ١٧٠ طن والأعمدة الخارجية حوالى ١٥٠ طن ، وأن جهد التربة يتحمل ١٥ طن/ م٢ ، ووجد أن القواعد المسلحة ٣,١٠×٣,١٠ بارتفاع ٩٠ سم وبتسليح ٣٠ ϕ $\frac{5}{8}$ يصبح كافياً ، وقد أخذ فى الاعتبار أن طبقة الخرسانة العادية لا تعمل كخرسانة عادية تتحمل أحمال ، ولكن اعتبرت طبقة نظافة فقط ، وتم التنفيذ بالخطوات التالية :

١) تم الحفر حول القواعد حتى الطبقة السفلية للقواعد العادية ، وتم تكسير طبقة الخرسانة العادية بميل ، وتم نظافة الخرسانة العلوية والمسلحة ، وتخشين جميع الأسطح الظاهرة من الخرسانة العادية والمسلحة بطريقة التنقير .

٢) تم التخريم فى الخرسانة العادية والمسلحة بخروم تصل إلى عمق ٢٠ سم بحيث يكون هناك صفين من التخريم أحدهما فى الخرسانة العلوية ، وثانيهما فى الخرسانة المسلحة كل ٣٠ سم ، وتم تخريم الطبقة العليا للخرسانة المسلحة أيضاً كل ٣٠ سم ، ثم تم تنظيف هذه الأخرام بضغط الهواء ثم وضعت مادة إيبوكسية ضعيفة اللزوجة لغسيل الأخرام ، ثم ملئت هذه الأخرام بمونة الإيبوكسى ، ثم وضعت الأشاير من الحديد بقطر

١٣ مم ومجنشة من الطرف الخارجى ، ثم بدأ بصب طبقة الخرسانة العادية بزيادة ٤٠ سم وذلك أى ٣,٩٠×٣,٩٠م وذلك بعد طرطشة الخرسانة القديمة بمونة الجنرال بوند ، وتم صب خرسانة عادية بسمك ١٠ سم تحت الميدات الرابطة المستجدة ، ثم تم صندقة الجوانب بالخشب للميدات والقواعد المسلحة بحيث ظهور بطن الميدات مستوى واحد ، ثم تم وضع أشاير الأعمدة وتوزيعها بكانة عيون لحفظ المسافات .

ب) بعد هذه العملية حصل فتات من الخرسانة فتم التنظيف بالكامل بضاغط هواء ، ثم تم دهان الطبقة الظاهرة من الخرسانة المسلحة بدهان إيبوكسى رابط بين الخرسانة القديمة والجديدة ، ثم وضع طبقة من المونة بسمك ٢ سم مضافاً إلى مواد بولمرية رابطة Bonding agent لزيادة قوة الالتصاق ولحام الخرسانة القديمة بالجديدة ، ومن فوائد طبقة المونة لتستقبل الزلط المنفصل من الخرسانة الجديدة وملء أى فراغ بالخرسانة القديمة ، ثم يتم الصب بالزلط الفولى مع الدمك جيداً بنسب خرسانة ٠,٨م^{٣} زلط: ٠,٤م^{٣} رمل إلى ٣٥٠ كجم/ أسمنت ، وبعد صب الخرسانة بسبعة أيام تم دهان كل الظاهر من الخرسانة المسلحة والعادية والميدات بثلاث طبقات من البيروبلاست ، ثم تم الردم حول الأساسات على طبقات ، كل طبقة ٢٥ سم مع الدمك بالمندالة والماء ثم تم عمل ميزانية للأرضية الخرسانية للمسجد بدق أوتاد تعلو الردم بمقدار ١٥ سم ، وتم صب الخرسانة العادية بسمك ١٥ سم ، وبهذا نكون قد انتهينا من الأساسات .



فى القاعدة والعامود والسقف يبين ربط القطاعات الجديدة بالقطاعات القديمة (المرشرة)

ثانياً : الأعمدة :

بعد حساب الأحمال الجديدة وجد أن قطاع العامود يجب أن يكون ٦٠×٦٠ سم ، وبتسليح ٣٢ ϕ ١٣ ويتم تفريد الحديد على صفين وعمل كانات داخلية وخارجية ، وتم التنفيذ كالآتى :

١) صلب السقف والكمرات بعروق خشبية ونظراً لخفة بلاطة السقف تم رفعها فى مستوى أفقى بقدر الإمكان ، وتم تكسير حول الأعمدة فى البلاطة بأبعاد ٦٠×٦٠ سم كأبعاد العامود ، ولم تمس الكمرات إطلاقاً ، وهذا التكسير يفيدنا فى ظهور أشاير أعلا السقف بمقدار ٥٠ مرة قطر السيخ ، وتساعدنا فى صب الحطة الأخيرة من الأعمدة .

٢) تم تكسير البياض القديم ونظافة سطح الخرسانة بالفرشة السلك وتخشين السطح جيداً وتم تخريم العامود كل ٥٠ سم فى الارتفاع وبواقع خرمين فى كل جنب من الأجناب والخروم بعمق ١٥ سم ، والظاهر منها ١٢ سم ، ومجنشة من الطرف الظاهر والخروم بقطر ١٩ مم ، والأسياخ التى ستثبت كأشاير بقطر ١٣مم ، وبعد التخريم تم تنظيف الخروم بضاغط الهواء ، وتم وضع مادة إيبوكسية قليلة اللزوجة لتنظيف الخروم بحيث تصل إلى أى منطقة داخلية تم فيها التخريم ، وتم ملء الخروم بمونة الإيبوكسى (الرمل والإيبوكسى فقط) ، وتم زرع الأشاير ، وتم وضع التسليح وتربيطه .

٣) تم تجليد العامود من جنب واحد بارتفاع العامود والثلاثة أجناب ، تم تجليد ١,١٠ سم فقط حيث سيصب هذا العامود على ثلاث حطات ، كل حطة ١,١٠ سم ، وقبل الصب تم طرطشة العامود بمونة بنسبة عالية من الأسمنت مع إضافة مواد رابطة بلومرية .

٤) تم تجهيز مونة صب الخرسانة ومكونة من ٠,٨م^{3} زلط فولى : ٠,٤م^{3} رمل إلى ٤٠٠ كجم أسمنت مع إضافة مواد زيادة سيولة الخرسانة وزيادة الإجهاد ، وفى الحطة الأخيرة تم الصب من الأربعة فتحات التى بالسقف ، وتم الدمك جيداً من الداخل ومن الخارج بالهزازات الخارجية (هزاز شدة) وروعى لحفظ مسافة التجليد تثبيت بلوكات خرسانية ٤سم × ٤سم × ١٥سم وشحطها بين الخشب والخرسانة القديمة ، وبهذا نضمن بأن العامود لم يحدث به تعشيش أو خلافه .

وبهذا نكون قد انتهينا من الأعمدة .

ثالثاً : الكمرات والبلاطات :

تم صلب السقف جيداً قبل البدء فى أى عمل وحتى قبل صب الأعمدة كما سبق شرحه ، وقد تمت الدراسة قبل الترميم لهذا السقف ، إما أن يتم من أسفل وهو وضع شبكة من الحديد أسفل السقف وتثبيتها وزيادة ارتفاع السقف من أسفل ، وبالتالى زيادة الكمرات بوضع حديد فى منطقة الشد ، ولكن نظراً للمطالب الإنشائية المطلوبة مستقبلاً لتقسيم حجرات أو حجرة عمليات وعليه كان تنفيذ السقف من أسفل لا يفى بهذه الأغراض ، هذا بالإضافة لأن تصليح السقف من أسفل سيتكلف الكثير فى إعادة رسم الزخارف الموجودة بالسقف وخلافه ، وتمت خطوات التنفيذ كالآتى :

٢) تم تخريم البلاطة الخاصة بالسقف بأخرام بعمق ٥ سم وبقطر ١٣ مم وتم تثبيت أشاير بمونة الإيبوكسى بقطر ٨مم ، وهذه الأخرام بمسافات لا تزيد عن ٤٠×٤٠ سم ، وتم تخريم الكمرة من أعلا بعمق ٢٥ سم وبقطر ١٩مم ، وهذه الأخرام على بعد ١٠ سم من حافة الكمرة بوضع تبادلى على الجانبين كل ٤٠سم بالإضافة لإظهار الحديد العلوى للكمرات وعمل خروم تحت الأسياخ العلوية لإدخال كانة الكمرة المستجدة والتى ستصبح كمرة مقلوبة بالنسبة للكمرات الساقطة القديمة ، وهذه الكانات كل ٢٠ سم وبقطر ٨ مم .

١) تم نزع البلاط الخاص بالأسطح وطبقة الدهان العازلة من البيتومين ، وتم تنظيف السطح تنظيفاً جيداً .

٣) تم حساب البلاطات ووجد أن ارتفاع البلاطة يساوى ١٠ سم وبتسليح ٦ ϕ ١٣ فى الاتجاهين ، وتم حساب الكمرات المدفونة فوجد أن ارتفاع الكمرة ١٥ سم وبتسليح سفلى وعلوى ١٠ ϕ ١٦ وبعرض ٦٠ سم .

٤) تم تنظيف السقف جيداً ونظفت أماكن الخروم بالضاغط الهوائى ، تم عمل طبقة من سائل الإيبوكسى قليل اللزوجة لغسيل هذه الأخرام ، ثم تم وضع مونة الإيبوكسى تملأ الخروم السابق ذكرها ، ثم وضعت الأشاير حسب الأقطار السابقة

٥) تم رص الحديد وتم تحضير زلط لا يزيد قطرة ١,٥ سم وتم عمل خلطة ٨م^{3} زلط : ٤رم^{3} رمل : ٤٠٠ كجم أسمنت .

٦) من المعروف رغم وضع الأشاير للسقف القديم أن هذه الأشاير لا تكفى لربط السقف القديم بالجديد كى يعملا كبلاطة واحدة فكان لا بد من وضع طبقة لحام من الإيبوكسى المخلوط بالأسمنت قبل الصب مباشرة بربع ساعة ، وكان لا بد من التنظيف مرحلة مرحلة بالضاغط الهوائى ودهان الإيبوكسى مرحلة مرحلة أمام الصب حتى نضمن بأن البلاطة القديمة والجديدة والكمرات القديمة والجديدة ستعملان كوحدة واحدة ، أما عن الكمرات التى بالداير الخارجى فعملت كمرات مقلوبة عادية بارتفاع ٥٠ سم وبتسليح ٤ ϕ ١٦ ساقط منهم ٢ ϕ ١٦ عدل، ٢ ϕ ١٦ مكسح وبتسليح علوى ٢ ϕ ١٠ مم وكانات كل ٢٠سم وبهذا نكون قد انتهينا من السقف إجمالاً، وتم فك

الشدة بعد خمسة عشر يوماً مع المداومة بالرش يومياً فى الصباح والمساء .

٧) بعد هذه التعديلات أصبح هذا المبنى يتحمل خمسة أدوار دون الخوف عليه .

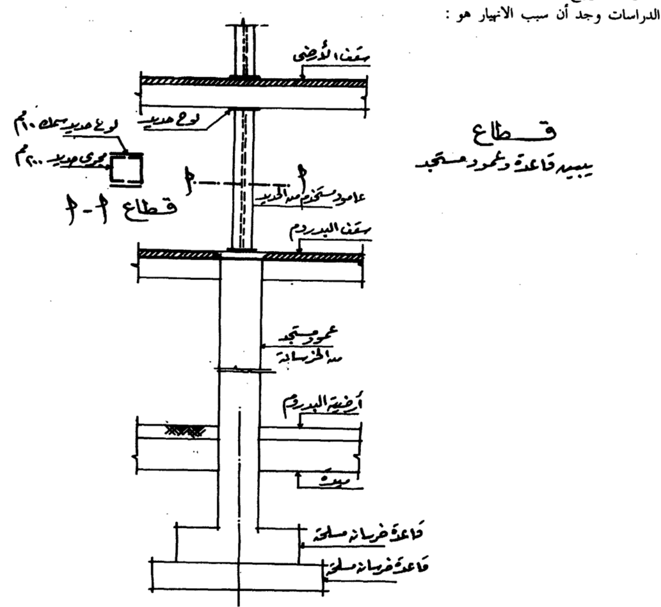
٧) إضافة قواعد مسلحة زيادة وعلاج الأساسات لإنشاء المبنى على تربة منتفخة :

مبنى سكنى مكون من ٨ طوابق بالقاهرة حدث له انهيار فى جميع رقاب الأعمدة الخرسانية تحت سطح الأرض ، وذلك بسبب التأسيس على تربة منتفخة تسببت فى حدوث ارتفاعات غير متساوية بين القواعد نظراً لارتفاع منسوب المياه الجوفية ، وهذا المبنى كان حديث الإنشاء ومكون من بدروم وطابق أرضى ، ٦ طوابق علوية ، وبعد مرور ٥ سنوات من بدأ الاستعمال تبين وجود انهيار فى جميع رقاب الأعمدة الداخلية كما وجد شروخ مائلة فى أغلب حوائط المبنى وبعد عمل الدراسات وجد أن سبب الانهيار هو :

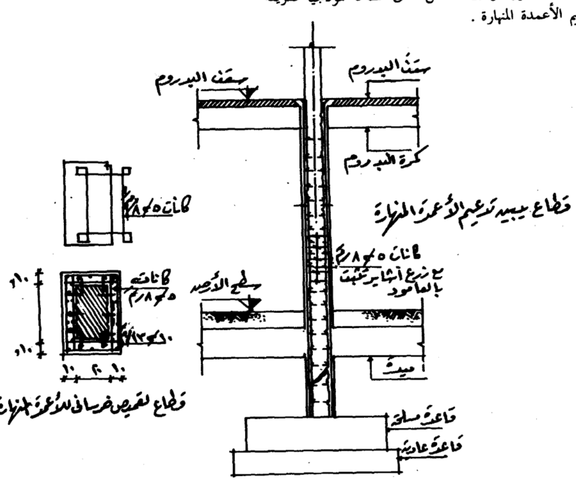
١) ضعف مقاومة الخرسانة للأعمدة عند أماكن الانهيار .

٢) التأسيس على تربة منتفخة جافة ومع ارتفاع منسوب مياه الرشح حتى منسوب التأسيس تسبب ذلك فى حدوث ارتفاع من القواعد نتج عنه إعادة توزيع الأحمال على الأعمدة فحدث الانهيار المفاجىء بعد خمس سنوات مع وجود كمرات ذات بحور كبيرة فحدث ترخيم يزيد عن المسموح به فنتج عن ذلك شروخ ببعض الحوائط والكمرات وتم تدعيم المبنى بدون إخلاء السكان بالطريقة الآتية :

أولاً: تم إضافة ثلاثة أعمدة مستجدة ترتكز على قواعد منفصلة عند أماكن الكمرات ذات البحور الكبيرة حيث تم تنفيذ الأعمدة من الخرسانة المسلحة بالبدروم ثم تم استكمالها من الحديد فى باقى الأدوار العلوية كما فى الشكل التالى والغرض من استعمال الأعمدة الحديدية فى الأدوار العلوية هو سهولة وسرعة تركيبها حيث إن الأدوار مشغولة بالسكان وتم التنفيذ كالآتى :



أ) تنفيذ قمصان من الخرسانة المسلحة لأعمدة البدروم ذات الرقاب المكسورة ويبين الشكل التالى قطاعاً نموذجياً لطريقة تدعيم الأعمدة المنهارة .



ب) علاج الشروخ بالحوائط الداخلية والواجهات باستخدام المواد الأيبوكسية لملء الشروخ وكانات حديدية عمودية على الشروخ .

ثانياً : تم مراقبة المبنى على مدى الأربع سنوات الأخيرة بعد إتمام عملية التدعيم والتى استمرت سنة كاملة ولم يلاحظ حدوث أى شروخ فى أى مكان بالمبنى مما يدل على نجاح طريقة الإصلاح والتى يمكن استعمالها فى حالات مماثلة .

٨) حقن التربة :

حقن التربة يستعمل فى تقوية التربة لزيادة قدرتها على الأحمال وفى حالة نزح المياه عندما تكون التربة مسامية لدرجة تجعل عملية النزح صعبة جداً ، وأحسن مثال لهذا نفق القاهرة تم حقنه بمادة البنتونيت أو مواد عازلة أو بالطين فى بعض الأحيان بعمق حوالى مترين أسفل قاع النفق لتكوين كتلة عازلة تكون منها ومع حوائط النفق صندوق معزول ويتم بعدها سحب المياه الجوفية الموجودة بالتربة داخل هذا الصندوق وقد أجريت تجارب كثيرة فى مصر وفرنسا على مدى قبول الطبقات الرملية الموجودة فى مسار النفق لمواد الحقن ووجد أنه يمكن بالحقن الوصول إلى معامل نفاذية ١٠ $^{-٦}$ أقل من ذلك أو فى حالة الرغبة فى زيادة قدرة الأساسات القائمة على تحمل أحمال جديدة عندما تكون قدرة التربة بالحقن قد تكون أقل تكلفة من زيادة مساحة القاعدة أو إضافة قاعدة أكبر عنها .

وفى حالة حقن التربة يجب أن يصل الحقن إلى عمق كاف تحت القاعدة الأصلية بحيث يحقق انتشار الحمل لمنع حدوث إجهاد زائد أسفل الطبقة التى تم حقنها ففى حالة قاعدة ٣,٥٠×٣,٥٠ م مثلاً فإن الحقن لعمق ١,٧٥ متر يؤدى إلى أن يصبح الإجهاد على التربة أسفل الطبقة العازلة التى تم حقنها أقل من نصف الإجهاد تحت القاعدة الأصلية .

ويجب أن تكون التربة المراد حقنها مسامية بدرجة كافية لتقبل الحقن والأخذ فى الاعتبار الهبوط الكلى حيث إن الهبوط دالة فى الحمل الكلى وليس دالة فى الإجهاد على التربة السطحية .

حقن التربة بالأسمنت :

يلجأ لهذه الطريقة على الأخص إذا كانت تربة الموقع صخرية

ذات شقوق وتتلخص هذه العملية فى حقن التربة بمونة الأسمنت تحت ضغط .

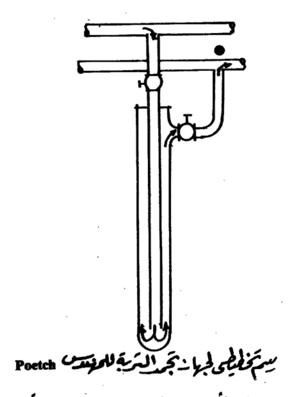
وفائدة هذه الطريقة هى عزل المنشآت المشيدة بالحجارة المسامية لإيقاف تسرب الماء إليها كما يستفاد منها فى ملء الفراغ بين التربة وحوائط المنشآت تحت الأرض وأخيراً يفيد الحقن فى تثبيت وتقوية الخوازيق الخرسانية المدقوقة فى التربة المشبعة بالماء .

تتم عملية الحقن بالأسمنت بواسطة أجهزة الخلط الحاقنة والتى يمكن تحريكها فى مكان العمل هذه الأجهزة تتكون من وعاء مغلق ذا جسم أسطوانى وذا قاع مخروطى مغلق بسداد محكم يبدأ العمل بخلط مواد الخلطة وهى الأسمنت والرمل والماء فبالسماح للهواء المضغوط بالدخول فى الجزء السفلى من المخروط يحدث خلط وتقليب قوى وسريع لمواد الخلطة ويغلق بعد ذلك السداد المحكم ثم يبدأ فى عملية حقن التربة التى تستهل بدفع هواء أو ماء فى الشقوق المراد حقنها وتتم بعد ذلك عملية الحقن بالمون تحت ضغط الهواء المضغوط بقوة زائدة .

٩) تجمد التربة :

هذه طريقة أخرى لتجنب مياه التربة إذا ما أريد العمل فى محيط جاف ، أخذت هذه الطريقة عن المهندس الألمانى poetch وطبقت فى تغويص آبار المناجم بين طبقات الماء الجوفى ، وفكرة هذه الطريقة تنحصر فى إمكان تحقيق نوع من السدود يحل الثلج فيه محل الستائر المعدنية على هذا الأساس ، لخصت الطريقة بإحاطة الأرض الواجب حفرها بحلقة من الأرض المجمدة ذات سمك كاف للاحتماء بها حتى يمكن تنفيذ الحفر وبناء الحوائط العازلة ونحصل على التجميد بإمرار محلول من كلوريد الكالسيوم مبرد بالنشادر فى أنابيب ذات ثقوب . هذا المحلول مبرد إلى درجة ٢٠ درجة مئوية فإذا ما كانت هذه الأنابيب قريبة من بعضها لدرجة كافية فإن التربة تتجمد حول كل أنبوبة مكونة فى مجموعها حلقة مستمرة صلبة .

ولتنفيذ هذه الطريقة تعمل ثقوب فى الأرض قطرها من ٢٠ إلى ٢٥ سم تنزل فى كل منها حتى القاع أنبوبة بقطر ١٠ سم مقفولة فى نهايتها السفلية وتحتوى هذه الأنبوبة على أنبوبة أخرى بقطر ٣,٥ سم مفتوحة فى جزئها الأسفل وبضغط المحلول فى الأنبوبة الضيقة المركزية يصعد الحيز الحلقى المحصور بين الأنبوبتين كما هو موضح بالشكل التالى .



رسم تخطيطى لجهاز تجمد التربة للمهندس Poetch

يوضع فى هذه الأجهزة (بالاستعانة بطلمبة) سائلاً غير قابل للتجمد تتفاوت درجة حرارته من ١٥ إلى ٢٠ تحت الصفر . وتتصل الأنابيب الداخليه بمواسير توزيع كما تتصل الأنابيب الخارجية ببالوعة جامعة للماء ، إن السائل يتحرك من أعلى إلى أسفل فى الأسطوانة الموجودة بالوسط كما يتحرك من أسفل إلى أعلى فى الفراغ المحصور بين الأنبوبتين ملاصقاً لتربة الأرض مما يؤدى إلى تبريدها وبالتالى تجمدها . إن الاستهلاك هنا عبارة عن ٢٥٠ وحدة تبريد لكل متر مربع واحد فى المسطح الخارجى للأنبوبة الكبيرة فى الساعة الواحدة .

وقد أوضحت التجارب أن طرق تجمد التربة لا تنجح فى الأرض التى يمر فيها تيار مائى لأن مثل هذه التيارات تمنع كل تجمد فقد جربت تجميد كتلة التربة كلها عند إنشاء نفق مترو باريس بمحاذاة شاطىء نهر السين عند منطقة سان ميشيل لم تنجح هذه التجربة لأن المده اللازمة لتجميد كتلة التربة استلزمت وقتاً طويلاً لدرجة أن بعض كتل من الأرض بعد تجميدها تفككت نتيجة لضغط الماء.وتسربه إلى منطقة العمل مما اضطر القائمين بالأمر إلى نزحه بالطرق العادية .

وعلى أية حال فإن طريقة تجمد التربة شاقة للغاية ولا يسمح بها إلا فى بعض الحالات الخاصة لأن تنظيم الأجهزة المستعملة حساس للغاية ، فالتشغيل يجب أن يكون مستمراً لأن انقطاع العمل لفترات صغيرة يسبب غرق مكان العمل بالماء مما قد يسبب خسائر فادحة .

ثانياً : الأساسات العميقة

١) استعمال الخوازيق :

تقوم الخوازيق بنقل الأحمال إلى الطبقات التحتية جزئياً بالاحتكاك وجزئياً بالارتكاز إلا إذا كانت تخترق طبقات لينة وتنتهى بطبقات صلبة فإن مركبة الاحتكاك تتلاشى ويكون الارتكاز هو الوسيلة الرئيسية لنقل الحمل ويستخدم فى الأغراض التالية .

أ) لزيادة معامل الأمان لأساسات أكتاف الكبارى ودعامات الكبارى وخاصة إذا كانت معرضة للنحر .

ب) لحمل قوى المنشآت ونقلها إلى طبقات التربة سواء أكانت الأحمال رأسية أو مائلة وتستعمل لتثبيت دمك التربة السائبة loose cohesionless soil وذلك عن طريق الإزاحة والاهتزاز المصاحب للدق ويستعمل للتحكم فى الهبوط الذى يمكن أن يصاحب الأساسات السطحية .

جـ) عمل خوازيق جديدة بجوار الأساسات القائمة من الخوازيق وربطها بالأساسات القائمة ، ويمكن عمل خوازيق بميل ثم سحبها تحت القواعد القائمة .

د) للتحكم فى الاهتزازات المصاحبة لأساسات الماكينات وذلك لتلافى حدوث رنين عند توافق خواص الاهتزاز للماكينة مع خواص اهتزاز الأساس .

هـ) إضافة خوازيق جديدة للوسادات القائمة ويراعى الاشتراطات التالية :

١) يجب أن تكون الخوازيق الجديدة بنفس قطر الخوازيق القديمة ويجب أن تصل إلى عمق الخوازيق القديمة وإذا كانت المناعة ستصل قبل عمق الخوازيق القديمة فيجب ألا يزيد الفرق عن ١٥٪ ولتحاشى هذه الظاهرة فعند الدق يجب أن يدق خازوق ويترك الذى بجواره ثم يرجع إلى الخازوق الذى لم يدق وهكذا وعند عمل الوسائد يجب أن يتم صب الجزء العلوى بطريقة الركام الموضوع مسبقاً ثم يتم حقنه ، والأفضل أن يعلو الجزء الظاهر من القاعدة الجديدة حتى يصل إلى ٥٠ سم أعلا أسفل القاعدة القديمة ، وبهذا نضمن أن الخرسانة ستصل إلى أسفل القاعدة القديمة بموجب ثقل الخرسانة الجديدة وذلك حسب الشكل التالى .

مسقط افقى
لقاعدة ذات ٥ خوازيق حمل الخازوق ٤٥ طن

مسقط أفقى
لقاعدة ذات ٩ خوازيق بعد زيادة ٤ خوازيق

زيادة فى العامود

قطاع رأسى
بعد زيادة عدد الخوازيق وصب القاعدة الجديدة أعلى من سطح القديمة بمقدار ٥٠سم لضمان الارتكاز

مثال لمبنى به قواعد منفصلة وتم زيادة أساسات خازوقية جديدة :

فى حالة ما إذا أريد تعلية مبنى بطوابق زيادة بخلاف الأدوار المصمم عليها وكانت الأساسات لهذا المبنى قواعد منفصلة وكان المبنى مصمماً على خمسة أدوار والمراد تعليته إلى إحدى عشر دوراً علماً بأن الجهد أسفل هذه القواعد لا يتحمل أحمال أكثر من هذا حيث زيادة الجهد أسفل القواعد أكبر بدرجة كبيرة عن الجهد المسموح به للتربة ولا يصلح حقن التربة خاصة مع وجود طبقة من الردم فى هذه المنطقة ، وقد تصرف الأستاذ الإنشائى الذى قام بهذه العملية بالخطوات التالية :

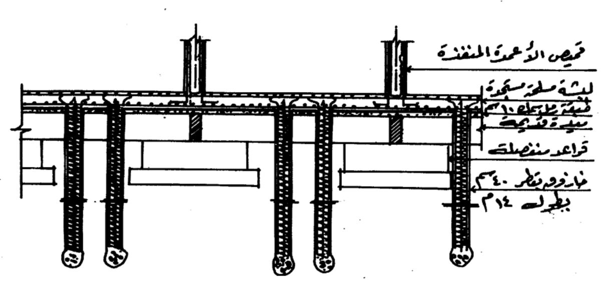
استبعدت طرق الإصلاح التقليدية التى تعتمد على تقوية التربة ومثل طريقة حقن التربة نظراً لأن أساسات القواعد المتصلة نفسها غير قادرة على تحمل الأحمال الواقعة عليها بأمان وتم تصميم حل تقليدى يعتمد على إهمال الأساسات الأصلية (القواعد) وتنفيذ أساسات جديدة تتكون من خوازيق منفذة بالحفر فى الفراغات الموجودة بين القواعد ، ولتحقيق هذا الغرض تم تصنيع معدات حفر خاصة الارتفاع حتى يمكن من العمل بداخل الدور الأرضى للمبنى والخوازيق المنفذة كانت بقطر ٤٠٠ مم وكل منها مسلح بعدة أسياخ بقطر ١٦ ملليمتر وكانة حلزونية قطر ٨ ملليمتر وخطوة ١٠٠ ملليمتر والخوازيق ١٤ متر من سطح الأرض حيث ترتكز على طبقة من الرمل الكثيف وحمل التشغيل للخازوق ٧٠ طن . ونظراً للعمل تحت ظروف الارتفاع المحدود للدور الأرضى فقد تم تقسيم تقفيصة حديد التسليح للخازوق إلى ٣ أجزاء كل منها بطول ٤,٧٥ متر يتم وضع كل منهم داخل الخازوق ثم يلحم الجزء التالى وقد تم عمل برنامج حفر الخوازيق بحيث لا يحفر أكثر من خازوق بجوار قاعدة ما فى اليوم الواحد لتفادى حدوث هبوط القاعدة نتيجة الحفر .

ثم بعد ذلك تم ربط الخوازيق بلبشة جاسئة من الخرسانة المسلحة ، وهذه اللبشة يرتفع قاعها بمقدار ١٠٠ ملليمتر فوق منسوب سطح الأساسات القديمة (القواعد) وقد مُلىء هذا الفراغ بالرمل لتفادى وصل أى أحمال من اللبشة إلى القواعد القديمة عن طريق التلامس المباشر .

ثم تنفيذ قمصان من الخرسانة المسلحة لأعمدة الدور الأرضى لنقل أحمال هذه الأعمدة إلى اللبشة المسلحة كما نفذت قمصان لعلاج بعض الأعمدة التى تجاوزت الإجهادات بها القيمة المسموح بها .

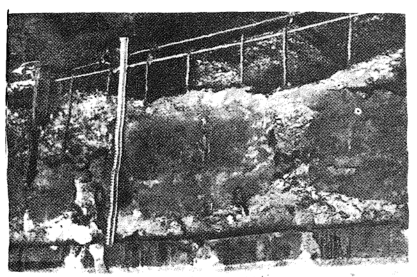
يبين الشكل التالى قطاعاً يوضح وضع الخوازيق واللبشة المسلحة بالنسبة للقواعد القديمة .

تم رصد هبوط المبنى لفترة كبيرة بعد تنفيذ الإصلاح وبعد وضع أحمال إضافية تناظر الحمل الموقع حيث لم يحدث أى هبوط وقد سمح بعد ذلك باستخدام المبنى منذ يناير ١٩٨٧م .



قطاع يبين وضع الخوازيق واللبشة المسلحة بالنسبة للقواعد القديمة

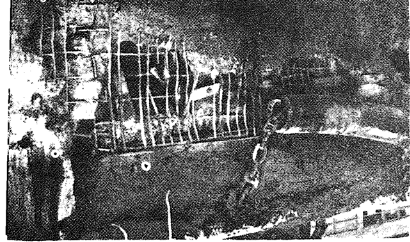
مجموعة الأعمدة والحوائط التى تأثرت للبلل والجفاف سواء بماء عذب أو مياه البحر



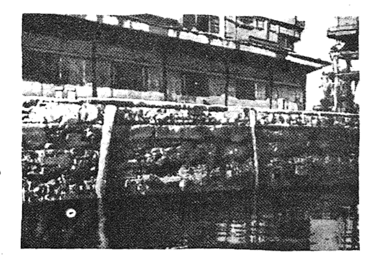
حائط خرسانى تعرض للبلل والجفاف بماء البحر



شكل يبين خازوق من الخرسانة المسلحة تعرض للجفاف والبلل فحصل التصدع وبالتالى صدأ الحديد



حائط خرسانى تعرض للبلل والجفاف ولم تتخذ له الاحتياطات اللازمة لحمايته من المواد الكبريتية

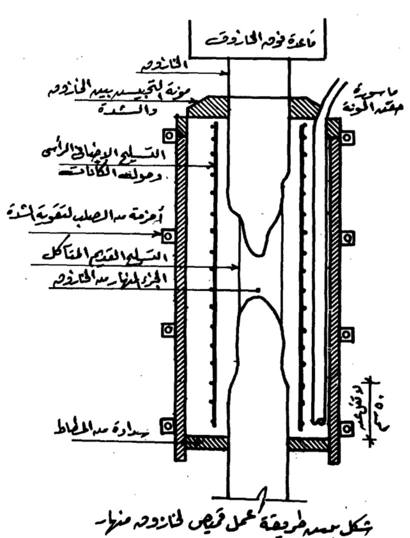


مبنى تعرض للبلل والجفاف بمياه عذبة ولم يتم له الحماية نتيجة المد والجزر

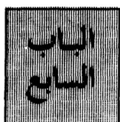
القمصان :

من المعروف أن الأساسات الخازوقية قد تتعرض إلى ظروف غاية فى الصعوبة من حيث المياه الجوفية أو مياه الأنهار أو البحار كما فى خوازيق الكبارى وعمل القمصان الخرسانية للخوازيق يتم بزيادة القطاع للخازوق ووضع حديد تسليح جديد مدهون بالأيبوكسى ثم صب خرسانة القميص المضاف إليه مواد منع النفاذية وزيادة سيولة الخرسانة وتستخدم لعمل القمصان شدات من الخشب أو الحديد المطروق أو الصلب وقد تكون هذه الشدات مؤقتة أو دائمة فالشدات المؤقتة تستعمل فى إصلاح الخوازيق البحرية ودعامات الكبارى حيث تكون الجزء المحتاج للإصلاح فوق سطح القاع فى المنطقة بين مستوى المياه المرتفع والمنخفض حيث إن هذه المنطقة هى التى تتعرض للبلل والجفاف طوال العام أما الجزء الأسفل من الخازوق فدائماً مغمور بالماء دائماً فلا تتعرض لصدأ الحديد .

أما الشدات الدائمة فتستخدم فى إصلاح الخوازيق المدفونة فى الأرض حيث إن هذه الشدات دائماً معدنية وقد يصعب عمل الشدة المؤقتة تحت الماء ، وقد يمكن حل هذه المشكلة الصعبة بدق الشدة المعدنية ثم إزالة التربة داخلها لصب الخرسانة ، ويجب استعمال قطع من المطاط لسد الشدة من أسفل لكيلا تفقد الخرسانة فى التربة كما يستعمل قطع خشبية لحفظ المسافة بين الشدة وبين الخازوق ويستحسن بعد الصب بسبعة أيام يزال القميص وفك الشدة لفحص الخرسانة للتأكد من عدم وجود تعشيش ثم أخذ عينات القلب الخرسانى لتحديد قوة الخرسانة .



شكل يبين طريقة عمل قميص لخازوق منهار



آثار الرطوبة – الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة – تخفيض مياه الرشح

ينقسم هذا الباب إلى ثلاثة فصول :

أولاً : آثار الرطوبة فى إحداث تصدعات المبانى وطرق التعامل معها .

ثانياً : الطبقات العازلة للحرارة والرطوبة .

ثالثاً : تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات .

الفصل الأول

آثار الرطوبة فى إحداث تصدعات المبانى وطرق التعامل معها .

تؤدى الرطوبة النافذة ضمن مواد البناء إلى تآكلها وصدأ وانتفاخ أسياخ الحديد وتفاعلات كيميائية تنتج عن الأملاح التى تحملها المياه من التربة ومجموعة من التغيرات الحرارية التى تؤدى لتغيير الحالات الإجهادية فى العناصر الإنشائية وهذا يؤدى إلى تحركات نسبية فيها مجموعة هذه الأمور قد تؤدى لتصدع المنشأ . تأتى مصادر الرطوبة الأساسية إما من الرشح من تمديدات المبنى المختلفة (مياه شرب– صرف صحى– أمطار) وإما نتيجة لهطول الأمطار وإما نتيجة رشح المياه الجوفية وإما للرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية وظاهرة الانتشار ، وسنتعرض لبعض الأسباب والحلول لتلاشى هذه الأسباب وتتنوع مصادر الرطوبة فى الآتى :-

١) رشح ناتج عن تهريب التمديدات الصحية (شبكات مياه شرب – صرف صحى – أمطار) .

٢) رشح ناتج عن تغلغل المياه الجوفية عندما تكون مناسيبها مرتفعة .

٣) رشح ناتج عن الهطولات المطرية (rain falls) (مطر – ثلج – صقيع) .

٤) رشح ناتج عن صعود الماء الجوفى بالخاصة الشعرية نتيجة للضغط المسامى (capillary action) وعملية الانتشار (Diffusion) .

– دراسة لكل نوع من أنواع الرطوبة :

قبل المضى فى اختيار علاج ما لمبنى أصابته آثار الرطوبة لا بد من تحديد سبب المشكلة بدقة ، إذ أنه لكل حالة العلاج المناسب بها وللتدليل على أهمية ذلك نعطى الأمثلة التالية :

أ) لا جدوى من عزل سقف المبنى ، إذا كانت الرطوبة ناتجة عن تهريب أنابيب صرف الأمطار ، بل ذلك ربما يزيد المشكلة وإنما يجب سد مكان التهريب .

ب) إذا ابتلت لشخص ما ثيابه بسبب الأمطار فلا فائدة من وضع واق من البلاستيك فوق ثيابه المبتلة بشدة لأن ذلك سيمنع المياه التى دخلت مسبقاً من التبخر ، وهذا سيؤدى لزيادة المشكلة لا إلى حلها وعلى نفس المنوال فمن الخطأ الشديد التفكير بعزل السطوح الخارجية لمبنى ما بوضع مواد عزل عليها إذا كانت مشكلة الرطوبة تأتى من رشح الماء من التربة بل إن ذلك سيعقد المشكلة لأن المياه الداخلة لن تتمكن من التبخر من خلال السطوح الخارجية للبناء ، لذلك نقول بأن مسألة عزل السطوح الخارجية للجدران ليست صحيحة على الدوام بل يجب معرفة سبب الرطوبة ومعالجته بالشكل المناسب ونوصى بعدم بحث مسألة دهان سطوح الجدران الخارجية لأنها ستتبخر بشكل طبيعى إلا إذا نفذت آثار الرطوبة إلى سطوح الجدران الداخلية .

وسنتكلم فيما يلى على كل نوع من الأنواع المذكورة أعلاه بالتفصيل:

١) الرشح الناتج عن تهريب التمديدات الصحية :

يمكن أن تأتى الرطوبة نتيجة لتهريب التمديدات الواقعة داخل أو خارج المبنى والتى يمكن أن تكون :

١) شبكات المياة المضغوطة (مياه الشرب) .

٢) شبكات مياه الصرف الصحى .

٣) شبكات تصريف مياه الأمطار (أو النوازل المطرية) .

ويكفى قليل من المنطق على العموم للحكم إن كان الرشح ناتجاً عن إحدى هذه الأنواع ذلك عندما تظهر آثار الرطوبة بجوار الأنابيب بشكل لا ترتبط معه مباشرة بالأحوال الجوية السائدة ، وللتأكد من مصدر الرشح يمكن إغلاق طرفى الأنبوبة المشكوك فيها إذا كانت الشبكة ظاهرة فإذا انقطعت الآثار فهى قطعاً من هذه الأنبوبة أما إذا كانت الشبكة ضمن الجدار فتتضح بتعليم مسار الأنابيب المراقبة لفترة للحكم إذا كان التهريب ناتجاً عنها .

غير أن الوضع قد يتعقد أحياناً فقد يحدث أن ترى آثار الرطوبة على جدار لا توجد فيه أية تمديدات أى يختفى مصدر التهريب الحقيقى بحيث تمتص الجدران الرشوحات وتنتقل ضمنها إلى مواقع أخرى على بعد عدة أمتار عندها ننصح بمراقبة الآثار الظاهرة فإن صدر عنها روائح كريهة فهذا يعنى أن التهريب ناتج عن شبكات الصرف الصحى وإذا انقطعت الآثار فى فترة إغلاق عداد مياه الشرب فيجب إيلاء الاهتمام للشبكات المضغوطة وإذا زاد تركيز الآثار فى فصل الأمطار فيجب الاهتمام بالنوازل المطرية .

على كل حال فى الأغلب يأتى التهريب من الشبكات إما من واقع عدم التنفيذ الصحيح للوصلات وهنا يظهر الرشح حديثاً فى المبنى ويوصى عندها الاهتمام بالأكواع ومناطق اتصال الأنابيب ، وإما نتيجة لتآكل الأنابيب مع طيلة الاستخدام لذا ننصح باستبدال شبكات المياه من كل عشرين إلى خمسة وعشرين عاماً من عمر المبنى .

وننوه هنا أن علاج هذا النوع من الرشح لا يحل المشكلة جذرياً فى يوم أو يومين فحسب سماكة الجدار ودرجة رطوبة الجو يمكن أن يجف آثار الرطوبة بعد سد مصدر التهريب من شهرين إلى سنة أو أكثر على كل حال يجب أن نضع فى البال أن آثار الرطوبة السطحية لا تختفى إلا فى اللحظة الأخيرة ، وللحكم على نجاح العلاج يمكننا الاعتماد على أمرين :

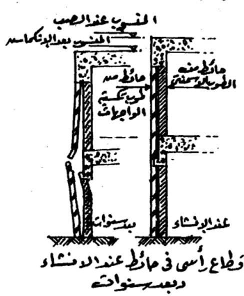
١) إذا لم تتزايد المشكلة فى فصل الأمطار .

٢) إذا خفت الآثار ولو بشكل مؤقت عقب تدفئة مركزة فى المكان .

٢) الرشح الناتج عن الهطولات المطرية :

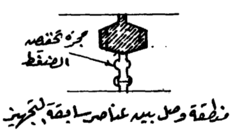
تظهر حادثة التفتت بسبب تساقط مياه الأمطار المستمر على أسطح وجدران البناء غير المحمية جيداً ونلاحظ تآكل طبقة البياض وظهور أسياخ التسليح .

كما تتعرض الجدران الخارجية للبناء إلى أحمال إضافية لم تصمم أصلاً لمقاومتها فيؤدى امتصاص مياه الأمطار واختلاف عوامل التمدد لمواد البناء إلى انكماش الهيكل الخرسانى وانتفاخ جدار التكسية الخارجى (طوب- خزف) غير الحامل إنشائيا (Non-load bearing) مما يعرضه لخطر التصدع والانهيار وتزيد هذه الشقوق (لاتساعها أحياناً) من مقادير مياه الأمطار المتسربة لداخل البناء وبذلك يزداد ضعف الهيكل وتفقد منطقة الجدار المتصدعة كفاءتها فى العزل الحرارى وترفع نسبة الرطوبة الداخلية وما إلى ذلك والشكل التالى يبين مقطع فى جدار البناء الخارجى وتتخذ عادة إجراءات وقائية فى التصميم وذلك بوضع فواصل تمدد عند المناطق القابلة للتشقق بفعل انكماش الجدران الخرسانية وبالنسبة للأبنية المكسوة بالحجر فيراعى وضع كمرة مسلحة تحت منسوب النوافذ وذلك للتخفيف من حدة التشققات وأضرارها .



قطاع رأسى فى حائط عند الإنشاء وبعد سنوات

بينما يراعى فى المنشآت الخرسانية سابقة الصنع أن تصمم شفاه لمناطق الوصل كما فى الشكل التالى أى بجعل تجويف يدعى حجرة خفض الضغط ومهمته سحب الماء قبل نفوذه للداخل .



منطقة وصل بين عناصر سابقة التجهيز

وتظهر آثار هذا النوع من الرطوبة بشكل عام فى القسم الأعلى من الجدران ونادراً ما تصل إلى مستوى الأرض غير أنه بالنسبة للأبنية غير المجهزة بميول وشبكات لتصريف الأمطار قد يحدث أن تمتص الجدران المياه وتنقلها لتظهر فى منتصفها أو على القاعدة بشكل قد يجعلنا نخلط بينها وبين الرطوبة الناتجة عن الصعودات الشعرية والتى سنشرح فيما بعد على كل حال ننصح بشكل عام عند علاج مبنى مصاب بالرطوبة فى منطقة كثيرة الأمطار البدء بتحقيق ميول على السطح وشبكات صرف المطر سليمة وبشكل مناسب .

ولا ننصح البدء بعملية العلاج إذا كان مازال الجو ممطراً ويفضل الانتظار ريثما يتعدل امتصاص الرطوبة من الجدار بالتبخر من على سطحه والعلاج يعتمد على تكسية الجدران بمواد عزل مختلفة حسب طبيعة الحالة وننصح بالاستعانة بالجدول التالى الذى يعطى الحلول المثلى لكل من الرشوحات المطرية والرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية .

٣) الرشح الناتج عن المياه الجوفية :

من أهم مشاكل أبنيتنا عندما تقع فى مناطق ذات مياه جوفية سطحية (قليلة العمق) ويحدث ذلك من انغمار التربة فى موقع البناء بالماء سواء بشكل مستمر لوجودها أمام مجرى مائى دائم (نهر - بحر) أو بشكل متقطع نتيجة لتجمع مياه الأمطار فى فصل الأمطار .

وترشح هذه المياه ضمن الخرسانة غير المعزولة جيداً بحيث تظهر آثارها جلية على أرضية البدروم وفى الجزء السفلى من الجدران وتتميز هذه الآثار بعشوائيتها وأنها لا تتعدى بالكاد ارتفاع مقداره من (٣٠) إلى (٤٠) سم فوق مستوى الأرض وأنها مستمرة نوعاً ما ويمكن رؤيتها بسهولة ، وتؤدى إلى ابتلال الموكيت أو السجاد وتتلف أعمال البياض والدهان ، وقد تؤدى لإتلاف التمديدات الكهربائية ناهيك عن الأملاح التى تحملها هذه المياه من التربة والتى تقدم ذكر ضررها فهى تأكل الخرسانة وتساهم فى زيادة تأكسد التسليح ، ونود أن نشير هنا إلى أن عدم إزالة الأملاح المتراكمة على سطوح الجدران من شأنه أن يؤدى إلى ارتفاع أكبر فى المنسوب الذى تبلغه الرطوبة إذ تؤدى الأملاح التى تتراكم إلى زيادة قدرة المسامات على امتصاص المياه ، وبالتالى ارتفاع منسوب الرطوبة إلى مناسيب أعلى فى الجدران .

وقبل المضى فى اختيار طريقة العلاج المثلى نوصى بالتحقق من أن المشكلة هى فعلاً نتيجة المياه الجوفية وأنه لا يوجد سبب أساسى آخر متوافق معها ، ويعتمد العلاج على أسلوبين وهما :

١) استخدام طريقة عزل للمنشأة إزاء الماء الجوفى كما تعزل قارب بالماء .

٢) بناء صرف فعال حول موقع البناء لإخراج المياه بعيداً عنه.

أ) العزل : Isolation

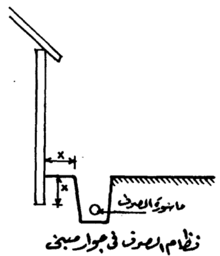
ويستخدم عندما تقع الأبنية فى مياه جوفية دائمة أى عندما تقع بجوار الأنهار أو البحار ويعتمد اختيار طريقة العزل على ما يلى :

١) نوعية المنشأ ووظيفته عند الاستثمار .
٢) نوعية الأساسات وعمق التأسيس .
٣) عمق المياه الجوفية واختلاف منسوبها .
٤) نوعية التربة المحيطة بالمنشأ لكى لا تؤدى التربة الملحية إلى تآكل مادة العزل .
٥) حاجة المنشأ إلى تدعيم من الجدار المحيط بها .

وينفذ العزل فى منطقة قاعدة البناء وجوانبه المماسة للمياه الجوفية ، ويجب أن تتوفر بمواد العزل عدة شروط كالمقاومة ضد التشقق والاهتزاز والصقيع ومقاومة الكيماويات فى حال وجودها وثبات تركيب مادة العزل مع الزمن ... إلخ .

ب) الصرف : Draing

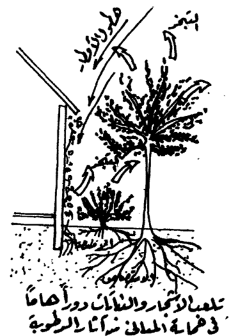
يستخدم عندما تكون التربة كتيمة ويبنى نظام الصرف حتى لا تكتنز المياه ضمن قاعدة البناء : ويقتضى هذا النظام تمديد شبكة من الأنابيب البلاستيكية لصرف المياه بعيداً عن المبنى إلى أقرب تربة نفوذة (رمال أو حصى) وإذا لم توجد هذه التربة يمكن جر المياه إلى بئر التصريف ومن ثم ضخ المياه خارجاً من هذه البئر . كما فى الشكل التالى .



نظام الصرف فى جوار مبنى

جـ) دور الأشجار :

تساهم الأشجار والنباتات المغروسة بالقرب من الجدران للمبنى ليس فقط بتشكيل دور حاجز حماية لها من الأمطار وإنما تلعب دوراً مفيداً جداً عندما تمتص جذورها الماء المختزن فى التربة وتضخه خارجاً عبر أوراقها بفعل التبخر كما فى الشكل التالى .



تلعب الأشجار والنباتات دوراً هاماً فى حماية المبانى من آثار الرطوبة

٤) الرشح الناتج عن صعود الماء بالخاصة الشعرية :

تصعد الرطوبة من التربة عبر مسامات مواد بناء المنشآت بفعل قوى الضغط المسامى cappilary action وعملية الانتشار diffusion وتتفاوت الارتفاعات التى تبلغها هذه الرطوبة اعتماداً على مقدار رطوبة التربة وحجم مسامات المواد وتوزيعها واستمراريتها وعلى العموم يحد الضغط الجوى من هذه الظاهرة فلا يزيد الارتفاع التقريبى الذى تبلغه من (١,٢٠) م وفى أبنيتنا التقليدية التى غالباً ما تحتوى على خرسانة فيها فراغات كبيرة نظراً لعدم سيولة الخرسانة ودمكها بصورة جيدة فلا يزيد ارتفاع الرطوبة أكثر (٧٠)سم ، بينما يزداد مقدار الارتفاع الذى تبلغه عند تقاطعات الجدران (الزوايا) .

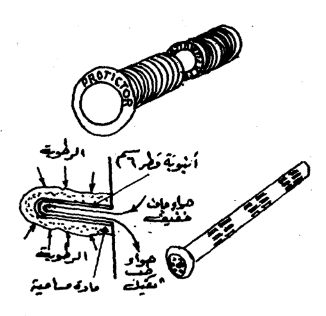
يمثل الصعود بالخاصة الشعرية (٨٠)٪ من حالات نفوذ الرطوبة إلى المنشآت وتؤدى الرطوبة الداخلة إلى مسامات المواد إلى كافة المشاكل المذكورة أعلاه وأخطرها صدأ أسياخ التسليح مما يؤدى إلى انتفاخها وتفكك طبقات البياض من فوقها عدا أنه إذا حملت معها هذه المياه أملاحاً ضارة من التربة تؤكد على أن التراكم المضطرد للأملاح مع الزمن يؤدى لوصول الرطوبة إلى مناسيب أعلى .

إذا تأكدنا أن المشكلة ناتجة حصراً عن الصعود الشعرى فيعتمد إيجاد العلاج على اعتبار عاملين مهمين : أولهما : مقدار رطوبة التربة . وثانيهما : حجم مسامات الجدار ، وننوه هنا أنه لا فائدة من عزل السطح الخارجى لجدران البناء بل على العكس بعملنا هذا نزيد المشكلة إذ لن تتمكن المياه الصاعدة من التربة من التبخر على هذه السطوح واعتماداً على هذين العاملين يمكن أن نواجه إحدى الحالات الآتية :

أ) حالة كون الجدران قليلة المسامية والتربة تحت البناء رطبة جداً هنا يمكن اللجوء لعزل الأساسات وإنشاء نظام صرف للتربة .

ب) حالة كون التربة قليلة الرطوبة والجدران مسامية جداً ننصح هنا بالمحافظة على تبخر مقادير المياه الداخلة والقليلة نسبياً من على السطوح الخارجية للجدران .

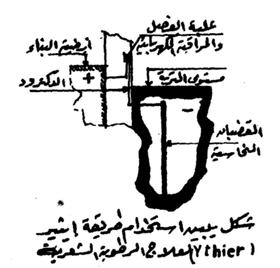
جـ) حالة كون الجدران ذات مسامية عالية والتربة أيضاً تحتوى على نسبة رطوبة عالية ننصح هنا باللجوء لإنشاء نظام لصرف المياه ، ومن ثم يمكن اللجوء لنظام تسريع التبخر من الجدران، وهذا النظام يتعلق بكمية الرطوبة الباقية بعد الصرف وهذا النظام يعتمد على ما يدعى بالسيفونات الجوية (Atmospheric siphons) والشكل التالى يبين مقطعها الطولى وبعض النماذج منها .



نماذج من السيفونات الجوية المستخدمة

د) حالة كون الجدران قليلة المسامية والتربة عالية الرطوبة ننصح هنا باللجوء لتكتيم سطوح الجدران الداخلية .

كما أن هناك طريقة أثبتت نجاحها فى علاج هذه الظاهرة وتعتمد على التفسير الفيزيائى لظاهرة الصعود الشعرى من أنها ظاهرة امتصاص كهربائى electro osmose حيث يشكل كل مجموع المبنى والتربة بطارية كهربائية ضخمة يمثل بها المبنى القطب الموجب (+) والتربة القطب السالب (−) ويجرى فى مجموعتنا هذه تيار كهربائى ضعيف من التربة (−) إلى المنشأة (+) غير أن شدة التيار كافية لسحب جزيئات المياه المشحونة بإشارة تخالف الكترونيات التيار ، ولإيقاف مشكلة الرطوبة الشعرية لا بد من قطع هذا التيار ، وهذا يتم بطريقة الدائرة القصيرة أو ما يدعى طريقة (ايتير) ythier



شكل يبين استخدام طريقة إيثير (Ythier) لعلاج الرطوبة الشعرية

يقتضى هذا النظام بأن نضمن داخل جدران المنشأة شريط نحاسي بشكل يحزم معه كامل المنشأة من الداخل والخارج ومن ثم تزرع ضمن التربة المجاورة قضبان نحاسية ذات رؤوس فولاذية بعمق من ٣ إلى ١٠ سم (كلما ازدادت رطوبة التربة كلما تطلب زيادة العمق) وبالوصل بين الحزام والقضبان نكون قد حققنا الدائرة القصيرة المطلوبة ، ويمكننا قراءة مقدار التيار المار بين القضبان والحزام باستخدام مقياس كهربائي جلفاني galvanometer.

والشكل السابق يبين استخدام طريقة ايتير ythier لعلاج الرطوبة الشعرية .

مردود هذه الطريقة قد يحتاج إلى بعض الزمن إلا أنها تلغى الرطوبة بشكل كلى ونهائى كما فى الشكل السابق .

وأخيراً نقترح الجدول التالى الذى يعطى الحلول المثلى لكل من الرشوحات المطرية والرطوبة الصاعدة بالخاصة الشعرية

صعود الرطوبة بالخاصة الشعرية	نفوذ الرطوبة بالهطولات المطرية	طريقة المعالجة
معدوم	كثيف	تكسية خارجية كتيمة .
متوسط	كثيف	تكسية خارجية كتيمة ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق تسريع التبخر الداخلى.
قوى	كثيف	تكسية خارجية كتيمة ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق نظام السيفونات الجوية.
معدوم	متوسط	تكسية خارجية كتيمة .
متوسط	متوسط	تكسية خارجية مسامية ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق تسريع التبخر الداخلى.
قوى	متوسط	تكسية خارجية مسامية ومعالجة الرطوبة الشعرية عن طريق السيفونات الجوية .

ثانياً : الطبقات العازلة للرطوبة والحرارة :

لن أكتب أكثر مما كتبت فى الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد للعمالة وإنشاء المبانى والمرافق العامة بالطبعة الخامسة ولا يمكن أن أكرر نفس ما كتبته وحينئذ سأكرر نفسى ولكن سأطرق رؤوس المواضيع والبنود ومن يرد الاستزادة يرجع إلى الموسوعة الهندسية .

الفصل الثانى

أولاً : الطبقات العازلة للرطوبة :

مواصفات عامة للطبقة العازلة البيتومينية :

تتلخص مواصفات الطبقة العازلة بتحديد المتطلبات التى يجب توفرها فى الطبقة العازلة (البيتومينية) المستخدمة فى أغراض العزل ضد الرشح والرطوبة ومياه الأمطار والمياه الجوفية وفى المنشآت بمختلف أنواعها والمصانع والكبارى والأنفاق والأعمال الصناعية المختلفة .

وتختلف المواصفات المطلوبة من المواد العازلة باختلاف الأماكن التى سيتم عزلها وذلك لاختلاف ضغط المياه وطبيعة التربة والمبانى المقامة عليها ، والأسس التى يقوم عليها التنفيذ يمكن تلخيصها كالآتى :

١ – يجب أن تركب الطبقات العازلة البيتومينية على بياض أسمنت مكون من مونة الأسمنت والرمل مع كسر السوك وملء الزوايا ولف الأركان بالزجاجات قطر ٨ مم .

٢ – يجب أن تدهن طبقة البياض المذكورة بدهان تحضيرى وليكن نيرول (ب) بمعدل ٠,٢٣ كجم / م٢ لسد المسام والمساعدة على التماسك بين الطبقة العازلة والخرسانة وضمان سلامة عملية اللصق باستخدام البيتومين المؤكسد .

٣ – يتم لصق الطبقات العازلة البيتومينية بحيث تكون هناك مسافة ركوب عند الجوانب لا تقل عن ١٠ سم ومسافة ركوب عند النهايات لا تقل عن ١٥ سم .

٤ – البيتومين المؤكسد المستخدم فى اللصق يجب أن تكون حرارته عند الاستخدام ١٥٠°– ١٦٠° .

٥ – يجب أن يكون السطح الذى تلصق عليه الطبقات العازلة نظيفاً وجافاً تماماً ويجب سحب مياه الرشح بأى طريقة حتى يتم التأكد من جفاف السطح الذى يوضع عليه الطبقة العازلة .

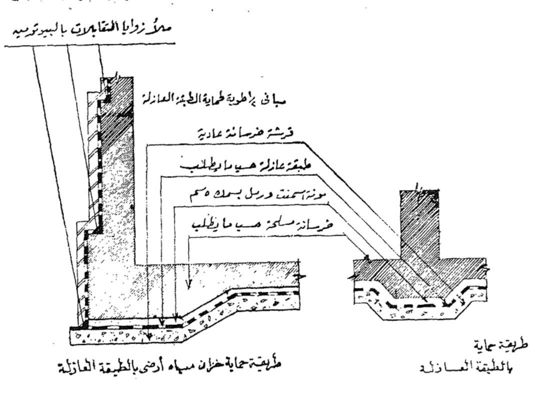
٦ – إن جميع الأعمال المعرّضة لمياه الرشح يجب تنفيذها فوق الطبقة العازلة .

٧ – يراعى أن تلصق المواد العازلة التى أساسها الخيش أو المعادن بالحوائط وذلك بطبقة مستمرة بارتفاع ٢٥–٣٠ سم ثم تغطى بالبياض أركان العزل من الداخل وإذا كان العزل من الخارج يجب أن تبنى خلف الطبقة العازلة ١/٢ طوبة .

٨ – فى حالة استعمال طبقة عازلة من الأسمنت المخلوط بالرمل يجب أن تكون الخلطة فى حالة جيدة ومتجانسة ويجب أن تعمل طبقتين كل طبقة فى اتجاه عكس الأخرى .

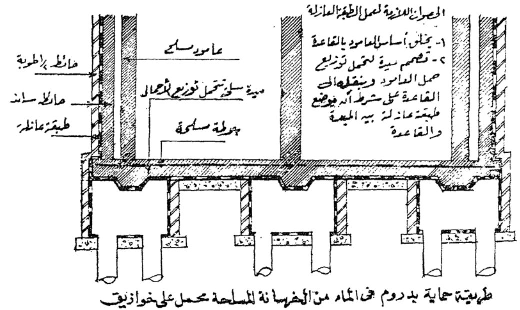
٩ – فى حالة استعمال البيتومين العادى يسرى عليه جميع الشروط عاليه للطبقات العازلة ويجب وضع المواصفات العامة والأسس التطبيقية للصق الطبقات العازلة .

والأشكال التالية تبين الرسومات التفصيلية والأعمال الهامة من الطبقات العازلة :

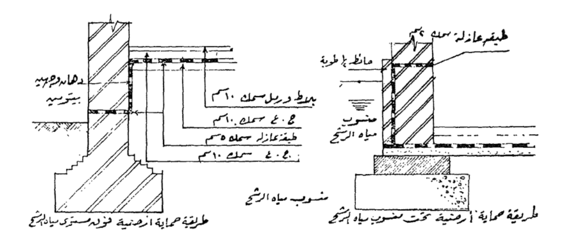


طريقة حماية خزان مياه أرضي بالطبقة العازلة

طريقة حماية بالطبقة العازلة



طريقة حماية بدروم في الماء من الخرسانة المسلحة محمل على خوازيق



طريقة حماية أرضية فوق مستوى مياه الرشح

طريقة حماية أرضية تحت منسوب مياه الرشح

أنواع الطبقات العازلة :

١ - طبقة عازلة مكون أساسها من أسفلت ويكون المستعمل على هيئة أقراص لاستعماله فى أى غرض وتكون مركبة من مسحوق الحجر الجيرى والبيتومين النقى بنسبة ١٢٪ إلى ١٧٪ ويجب أن يكون الأسفلت خالياً من الزفت أو القطران أو أى مواد غريبة .

٢ - الدهان بالبيتومين وأساس البيتوم اللزج أو السائل ويجب أن يكون طبيعياً خالياً من الزفت أو القطران .

٣ - شرائح بيتومينية على أساس من الجوت مشبعة ببيتومين عادى درجة لدونته من ٦٥° : ٨٠° م .

٤ - شرائح بيتومينية على أساس من اللباد وتكون من شرائح اللباد المعالج بمواد بيتومينية يجعلها غير منفذة للمياه كلياً أو جزئياً .

٥ - شرائح بيتومينية على أساس من الألياف الزجاجية وتكون من ألياف زجاجية مرتبطة بمادة راتنجية ولا تحتاج لعملية تشبع وتكسى بالمادة البيتومينية من كلا الوجهين .

٦ - شرائح بيتومينية على أساس من الألياف النباتية أو الحيوانية وتكون من أساس قماش الجوت أو القطن أو الكتان أو لب الخشب أو الشعر أو الصوف المشبعة والمكسية بالبيتومين من كلا الوجهين .

٧ - شرائح بيتومينية على أساس من صفائح معدنية وتكون من أساس من الأسبستوس أو من الألومنيوم أو النحاس أو الرصاص المكسية بالبيتومين من وجه واحد أو كلا الوجهين علما بأن أساس كل من الأنواع بالبند ٣، ٤، ٥، ٦ له وزن وسمك يتلاءم مع شروط استخدامه ، وسنبين استعمال كل نوع واستخدامه ومعدلات المواد والعمالة الخاصة به .

بند (١) : **طبقة عازلة من الأسفلت** : وهى خليط من الأسفلت والرمل وتوضع بسمك ٢ سم بعرض المبانى بناقص ٢ سم على أن توضع لياسة أسمنتية بسمك ٢ سم تحت وفوق الطبقة العازلة على الحوائط وتعلو الرصيف بمقدار ١٥ سم .

بند (٢) : **دهان وجهين بيتومين** : وهو بيتومين ساخن ويدهن منه ثلاثة أوجه وتصلح لحوائط البدرومات الرأسية وللأسقف .

بند (٣) : **لباد مكسى من الوجهين بالبيتومين المؤكسد** : هو لباد مكسى بالبيتومين ويستعمل فى أسطح المبانى العادية ويتم دهان طبقة البيتومين ثم طبقة لباد ثم طبقة دهان ثم طبقة لباد ثم طبقة دهان على أن يتم عمل وزرة تكون أعلا من البلاط بمقدار ١٥ سم .

بند (٤) : **خيش مشبع بالبيتومين العادى**: ويستعمل مثل بند (٣) بدل اللباد .

بند (٥) : **ألياف زجاجية مشبعة بالبيتومين إما أن تكون** مغطاة بالرمل الناعم وتصلح للحمامات والبدرومات ، وإما أن تكون فقط بحبيبات معدنية وتعطى قيمة جمالية للسطح وتصلح لعزل الرطوبة وانعكاس الشمس ، وإما أن تكون أليافاً زجاجية بيتومينية ذات فتحات تصلح للتهوية .

بند (٦) : **طبقة عازلة أساسها من ألياف نباتية أو حيوانية** وتستعمل لحماية الأرضيات وأساسات المنشآت من المياه الجوفية وعزل التنكات .

بند (٧) : **شرائح بيتومينية أساسها القطن** وتستعمل عندما يكون مطلوب طبقة عازلة لينة سهل التشكيل والالتصاق فى الأركان .

بند (٨) : **شرائح بيتومينية أساسها ألياف حيوانية** وتستعمل لطبقة أولية لحماية الأرضيات من المياه الجوفية والرشح .

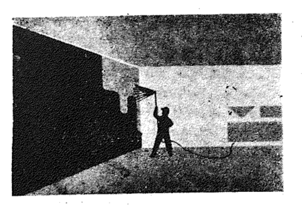
بند (٩) : طبقة عازلة أساسها معدنى إما من الألومنيوم أو الأسبستوس أو قماش الجوت أو ألياف حيوانية أو الأسبستوس والألومنيوم .

بند (١٠) : **العزل على البارد** :

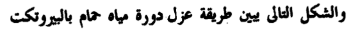
تمتاز المستحلبات البيتومينية على البارد بسهولة تشغيلها ، ويمكن تشغيلها على الأسطح الرطبة دون أن يحدث فصل بين السطح والبيتومين وله قدرة التصاق كبيرة بالأسطح ، ومن أحسن مميزاته أن يتفاعل ويتغلغل داخل الخرسانة ويجعلها صماء والسائد فى أعمال المبانى نوعان :

البيروتكت : Betumen emulsion

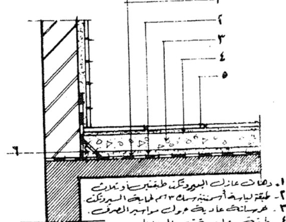
يستعمل هذا البيتومين على البارد (يدهن به الأسطح الخراسانية والمبانى الطوب بعد نظافتها جيداً مباشرة أو بعد تخفيفه بالماء ويدهن أول وجه تحضيرى بطبقة من البيروتكت المخفف بالماء بنسبة ١:٢ ثم يتم دهان وجهين متعامدين بفاصل زمنى لا يقل عن ٦ ساعات ويتم التفاعل بعد دهانه بتبخر الماء العالق بالبيتومين وتصبح الطبقة المتصلدة عازلة للرطوبة .



دهان البيروتكت بطريقة الرش



والشكل التالى يبين طريقة عزل دورة مياه حمام بالبيروتكت



١١ - البيروبلاست : Bitumen latex emulison

والبيروبلاست مستحلب بيتوميني فى حالة سائلة يمتاز بمطاطية عالية بعد التصلد ويبقى محتفظاً بخواصه وغير منفذ للماء فى درجة الحرارة العالية والمنخفضة من ٢٥، ١٠٠م ويظل عالى المرونة حتى لو تعرض للشد أو الإمطاط من ٣:١٠ أمثال طوله الأصلى ويستعمل فى عزل المنشآت الضخمة المعرضة للاهتزازات كالمصانع والكبارى والمنشآت التى يحتمل حدوث شروخ صغيرة فى قشرتها الخرسانية نتيجة الانكماش والتمدد ، ومن أحسن الأنواع فى عزل الأساسات ويستعمل بعد النظافة الجيدة بوجه برايمر تحضيرى من البيروتكت السابق المخفف بنسبة ٢:١ أو من البيروبلاست بنسبة ٣:١ ثم يدهن بعد ذلك السطح وجهين أو ثلاثة بفارق زمنى ١٠ ساعات على الأقل ويستحسن عمل طبقة كل يوم .

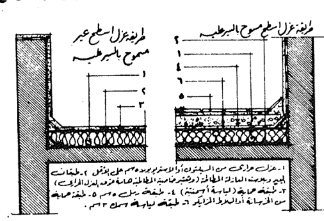
ملحوظة : النوعان السابقان يتم تصنيعهم بالطريقة الآتية :
يسخن البيتومين العادى ٧٠:٨٠ حتى درجة الإسالة .

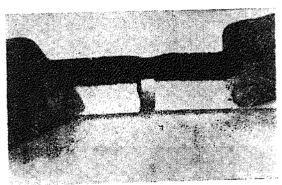
ب) يتم وضع مواد كيميائية فى حلة الخلط التى تساعد على التصاق البيتومين العادى بالأسطح الخرسانية ولها مميزات أخرى .

جـ) يصب البيتومين على السائل الكيمائى دفعة دفعة والخلاط يعمل فى حوالى ٨٥٠ لفة حتى نضمن مزج البيتومين جيداً وينتج البيروتكت .

د) فى حالة إنتاج البيتومين المطاطى يضاف مادة مطاطية (الكلة) إلى الخليط السابق وتزاد السرعة للخلاط حتى يتم امتزاج هذه المواد جميعها مع بعضها .

والشكل التالى يبين طريقة عزل سطح بمادة البيروبلاست كعازل للرطوبة وطبقة من السيلتون كعازل للحرارة .





يمتاز البيروبلاست بالمطاطية العالية بعد التصلد

١٢) البيتومين على البارد العاكس لأشعة الشمس :
silverd bitumen:

يدخل فى تركيب هذا النوع مادة الألومنيوم على هيئة عجينة ويكون لونه بعد الدهان فضى غامق ورغم أن هذا النوع يؤدى إلى عزل الرطوبة ويساعد على عكس أشعة الشمس ، لذلك يصلح لدهان الأسطح المائلة ولأسقف مزارع الدواجن .

١٣) إضافات منع النفاذية فى الخرسانة :

تستخدم هذه المواد لمنع النفاذية وذلك فى حالة الاحتفاظ بنسبة الأسمنت للمياه water cement ratio w/c وغالباً ما تكون نسبة المياه ٥٥٪ من وزن الأسمنت ، كما يجب استعمال الخلط الجيد فى زمن محدد والدمك الجيد والمعالجة بالرش للخرسانة لمدة لا تقل عن ١٥ يوماً مع وجود الشدة الخشبية .

المواصفات لمواد الإضافة وتنحصر فى ثلاثة أنواع :

١) مادة تخضع للمواصفات الأمريكية A.S.T.M.C.494 Type B وهذه الجرعة تصلح من ٠,٣٪ إلى ٣٪ من وزن الأسمنت أو ٠,١٣٪ إلى ١,٣٪ لتر لكل ٥٠ كجم ويرجع إلى استعمال هذه المادة ضمن مواد الإضافة السابق شرحها .

٢) مادة اللجنين سلفونات مع بعض الإضافات الكيماوية وتضاف هذه المادة بنسبة من ٢٪ إلى ٤٪ من وزن الأسمنت .

٣) مادة سيلكات الصوديوم البودرة وهو نوع يضاف إلى

ماء الخلط بنسبة ١/٢ كجم إلى شيكارة أسمنت ، والنوع الثانى وهو السائل ويكون شفافاً وهو معروف قديماً بماء الزجاج ويعطى نتائج أفضل من نوع البودرة ويضاف بنسبة ١/٢ : ٣/٤ كجم لكل شيكارة أسمنت .

١٤) عزل الأساسات كيميائياً :

إذا كانت الأساسات ستتعرض لمواد كبريتية فيجب استخدام أسمنت مقاوم للكبريتات وقبل البدء فى عزل الأساسات يتم عمل ترميم لأى تعشيش بمونة منكمشة وغير منفذة للماء ، وذلك بعد النظافة الجيدة من الأتربة والشوائب ، ثم يلى ذلك دهان وجه تحضيرى من برايمر إيبوكسى ، ثم يلى ذلك دهان وجهين من الأيبوكسى المقاوم للكيماويات وغير منفذ للماء .

١٥) الواتر استوب : water stop

يتم وضع الواتر استوب بعد صب أرضية الخزان أو البدروم ويوضع عموماً على الأرضية بين حديد التسليح الخاص بالحائط المسلح فيمنع تسرب الماء فى الوصلة بين خرسانة الحائط والأرضية ويجب العناية بتثبيت الواتر استوب فى المكان المطلوب استعماله فيه وهذه المادة من المواد الفعالة التى تستخدم فى أعمال الخرسانة فى المنشآت الكبرى مثل الخزانات الأرضية والبدرومات وهو عبارة عن شريط P.V.C ارتفاعه من ١٥ سم إلى ٣٠ سم بأطوال تصل إلى ٥٠م .

ثالثاً : العزل بمواد إشراب الأسطح وإضافات الخرسانة

١ – مواد إشراب الأسطح :

وهى مواد لا لون لها ولا تؤثر على لون الخرسانة ، ويمكن الحكم على صلاحيتها فى كل حالة باختبارها كهربائياً وميكانيكياً .

(أ) فلوريد السيليكون :

وهذه الفلوريدات عبارة عن أملاح هيدروفلوريد السيليكون (يد٢ س فو٦) ولهذا الغرض فإنه ليس من المناسب استخدام أملاح سيليكوفلوريدات البوتاسيوم والصوديوم والنوشادر بينما يمكن استخدام أملاح الرصاص والألمونيوم والـزنك والماغنسيوم ، وواضح أن هيدروكسيد الكالسيوم وكربوناته المتكونة أثناء عملية شك وتصلب الأسمنت تتحول إلى سيليكوفلوريدات الكالسيوم . وبهذه الطريقة فإنه فى الوقت الذى يتصلب فيه السطح فإن الأملاح المتكونة غير الذائبة فى الماء تساعد فى قفل المسام بسبب زيادة حجم الأملاح .

(ب) ماء الزجاج السائل :

وأنسبها هى أملاح سيليكات الصوديوم والبوتاسيوم وينتج عن استخدامها مع الأسمنت تحول الكالسيوم الموجود به إلى سيليكات كالسيوم وبعكس ما يحدث فى حالة سيليكوفلوريدات التى تحتوى على أحماض حرة فإن التكسية بمحاليل ماء الزجاج وحدها لا ينتج عنها إحكام الأسطح ، ويمكن معالجة الأسطح المكسية بماء بواسطة أحماض معدنية مخففة (كحمض الهيدروكلوريك أو الكبريتيك) ويسبب ذلك إحكاماً للسطح نتيجة لتولد حمض السيليسيلك ، ويجب غسل السطح عقب المعالجة الحمضية بالماء .

٢ – مواد إضافية للخرسانة :

(أ) مواد مالئة للمسام :

وهى تتكون من مواد غير قابلة للذوبان فى الماء أساسها صابون مبنى على قلويات أرضية ومحاليل مركبات الألمونيوم وحمض السيليسيلك .

(ب) إضافات لتقليل نسبة الماء إلى الأسمنت :

وهذه الإضافات يتوقف مفعولها أساساً على إنقاص الشد السطحى لماء الخلط مما يضمن توزيعاً لجزئيات الأسمنت وبالتالى نعومته بالإضافة السابقة .

بالإضافة إلى المواد السابقة ظهرت فى جمهورية مصر العربية استعمال مادة الفاندكس وسنتناولها بشىء من التفصيل لأنه قد ثبتت صلاحيتها وانتشرت وظهرت نتائج طيبة .

مادة فاندكس (VANDEX) العازلة للمياه والرطوبة

تعريف بهذه المادة (فاندكس) :

١ – فاندكس هو اسم تجارى مسجل لاكتشاف دانمركى معروف على نطاق العالم كله ، وهو أيضاً اسم هيئة ممثلة فى أكثر من (٣٠) ثلاثين دولة فى العالم لإنتاج العديد من مستحضرات فاندكس (VANDEX) المستخدمة فى وقاية الخرسانة وعزلها عن المياه .

٢ – ولقد تم اختبار هذه المادة معملياً فأثبتت أنها تقاوم ضغوط المياه العالية حتى ١٢ جوى وبهذا يمكن استخدامها بكفاءة تامة فى جميع المنشآت المائية من رى وصرف وتخزين وكذلك جميع المنشآت البحرية ، بالإضافة إلى استخدامها فى خزانات المياه والأسقف والمبانى والأرضيات .

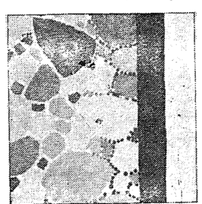
٣ – تصنع مادة فاندكس (VANDEX) من الرمال النقية والأسمنت وبعض المواد الكيماوية النشطة ، وهى عبارة عن مادة تذاب فى الماء وتدهن بالفرشاة وهى لا تعمل طبقة مثل البياض .

٤ – تختلف مادة فاندكس (VANDEX) فى عملها عن الأسلوب التقليدى لمواد عزل المياه عن طريق طبقات سطحية تغطى بها الخرسانة (غطاء عازل للخرسانة مثل الأسفلتويد–

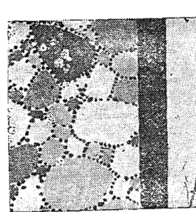
رابرويد- خيش مقطرن) حيث إنه بمجرد وضع طبقات فاندكس على الخرسانة تبدأ سلسلة من العمليات الكيماوية ينتج عنها اختراق مادة فاندكس فى أعمال الخرسانة طاردة أمامها ذرات المياه من مسام الخرسانة بينما تستقر بلورات فاندكس داخل الخرسانة وهذا يعنى أن تصبح الخرسانة عازلة للمياه .



دهان مادة الفاندكس فى البداية
ولم يظهر تأثيرها فى الخرسانة



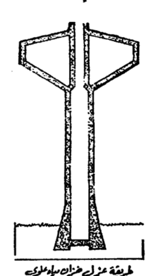
سلسلة من العمليات الكيميائية
وينتج عنها اختراق مادة الفاندكس
فى أعمال الخرسانة طاردة الماء أمامها



انتهت مرحلة تغلغل الفاندكس
محل المياه وأصبحت الخرسانة
صماء لا ينفذ منها الماء

استخدامات مادة (VANDEX) العازلة للمياه والرطوبة

١ - تستخدم مادة فاندكس فى قواعد وأساسات المنشآت تحت منسوب المياه لمنع وصول المياه الكبريتية وغيرها إلى الخرسانة وبالتالى تمنع وصول تأثير المياه إلى حديد التسليح لحمايته حماية كاملة وصولاً للمحافظة على سلامة المنشأ ، وذلك بإضافة فاندكس سوبر (SUPER VANDEX) وذلك فى حالة الخرسانة الجديدة فى بداية الإنشاء .



طريقة عزل خزان مياه علوى
بمادة الفاندكس

٢ - تستخدم مادة فاندكس لدهان أسقف وحوائط مبانى المصانع المختلفة من الداخل لمنع تسرب الأبخرة والرطوبة المحملة بالمواد الكيماوية إلى الخرسانة ، وفى هذا حماية لحديد التسليح من وصول هذه المواد الضارة إليه وحتى إذا ما حدث تشققات شعرية لا تزيد عن نصف ملليمتر وبذلك تحمى المنشأ على المدى الطويل من التأثير الضار لهذه المواد على سلامته .

٣ - تستخدم مادة فاندكس فى دهان الأسقف المسلحة وتلك التى يتم تنفيذها على شكل عقود أو سن المنشار أو قباب أو غيرها من الأشكال المعمارية ، وبدهان هذه الأسقف بمادة الفاندكس فإن الأمر لا يحتاج بعد ذلك إلى تغطيتها بالدفرة أو بخرسانة الميول أو البلاط إذ أن طبقة الفاندكس لا تتأثر بالعوامل الجوية وتمنع التشققات الشعرية فى الخرسانة وبذلك تخف الأحمال على الأسقف وبالتالى على أساسات المنشأ ، مما يؤدى إلى وفر فى تكاليف الإنشاء .

٤ - إن استخدام فاندكس يلغى الحاجة إلى بياض أو دهان الأسقف حيث تكسب منتجات فاندكس المنشآت المستخدمة معها الألوان الآتية :

(أ) اللون الرمادى (لون الأسمنت الطبيعى) .

(ب) اللون الأبيض .

(جـ) ألوان الباستيل الفاتحة .

٥ - كذلك تستخدم مادة فاندكس أيضاً فى حالات تسرب المياه فى الأحوال العادية وكذا الخاصة التى تخضع للضغط العالى فى المنشآت الخرسانية المختلفة وخزانات المياه ، ويمكن معالجة جميع مشكلات الرشح فيها وكذلك تسرب المياه منها دون تفريغها من المياه أو إيقاف العمل بها وذلك بعمل عجينة من فاندكس كويك (QUICK VANDEX) وتسد المياه فى الحال ثم يتم دهان المنشأ بطبقة من مادة فاندكس بريمكس (BRIMX VANDEX) .

بند (١٢)- بالمتر المسطح : توريد وعمل مادة الفاندكس VANDEX حسب المواصفات عاليه :

(أ) مبانى تنشأ حديثاً ويراد عزلها .

(ب) مبانى أنشئت وعزلت بأى طريقة سابقاً ولكنها ما زالت ترشح .

(جـ) مبانى بها خروم يتدفق منها الماء .

معدلات المواد للفاندكس :

فى الأسطح الحديثة يلزم لكل م٢ : ١ كجم فاندكس سوبر SUPER VANDEX، وفى الأسطح القديمة التى تم بناؤها وظهر فيها عيوب الرشح دون خروم فيلزم للمتر المسطح ١,٥ كجم فاندكس بريمكس .

وفى المبانى التى بها خروم وتنطلق منها المياه غزارة فتحتاج إلى عجينة فاندكس كويك (QUICK VANDEX) ولا يمكن تقدير الكمية إلا على الطبيعة حسب اتساع الخروم المراد سدها .

معدلات العمالة :

عامل ممتاز + صبى + عجان ينتجون دهان :

(أ) ٣٥ م٢ فى المبانى التى أنشئت حديثاً وتعالج بمادة فاندكس .

(ب) ٢٥ م٢ فى المبانى التى أنشئت وظهر بها عيوب الرشح تعالج بدهان الفاندكس أيضاً ، ويكون فى هذه الحالة كل شىء معد للتشغيل بدون تعطيل هؤلاء العمال .

(جـ) فى حالة سد الخروم يمكن التقدير حسب طبيعة الحالة .

هذا بخلاف العمالة المتطلبة للنحت أو إزالة طبقات عازلة قديمة أو بياض أو خلافه ، أى أن المعدلات عاليه فى حالة ما تكون الأسطح جاهزة ومعدة للتشغيل .



منظر يبين سد الأخرام التى يتدفق منها الماء من المنشأ بمجرد وضع مادة الفاندكس

بند (١٣)- ووتر بروف WATER PROOF

بالمتر المسطح : توريد ودهان ٣ طبقات من ووتر بروف العازل الأسمنتى أو ما يماثله على أن تكون الطبقة الأولى والثالثة أفقية والطبقة الثانية رأسية والفئة محملاً عليها نظافة السطح نظافة تامة ورشه بالمياه .

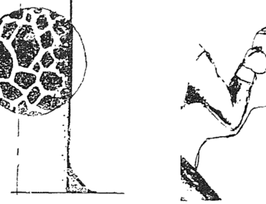
والووتر بروف عبارة عن مركب من الأسمنت المعالج كيميائياً بلدائن صناعية ومواد مالئة من الكوارتز المدرج ويخلط الووتر بروف بالماء بنسبة ٣:١ بالحجم (١٠ لتر ماء تضاف إلى ٥٠ كجم ووتر بروف) وتدهن به الأسطح الخرسانية فتتخلل لدائنه الصناعية السطح الخرسانى وتتغلغل فى مسام الخرسانة وتتكاثف بها لتتم سلسلة من التفاعلات الكيميائية مكونة كريستلات الووتر بروف الصلبة فى أماكن المسام وتصبح جزءاً لا يتجزأ من المنشأ .

ومن مميزاته :

١ – له خاصية نفس الجزء الخرسانى المعزول ويصبح جزءاً لا يتجزأ منه .

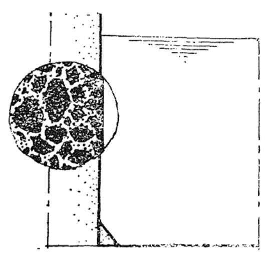
٢ – غير ضار بمياه الشرب ولا يتفاعل مع الكلور لذا فهو مناسب لعزل خزانات المياة ومحطات مياه الشرب .

٣ – قابل للتشغيل على الأسطح الخرسانية الجافة والمبللة .



يدهن ووتر بروف باستخدام الفرشاة

يبدأ ووتر بروف في اختراق السطح الخرسانى من خلال المسام فور الدهان



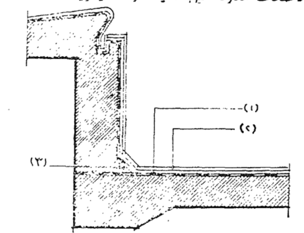
يتغلغل الووتر بروف فى مسام السطح الخرسانى ويتكاثف بها مكونا كريستلات الووتر بروف الصلبة فى أماكن المسام

طريقة عزل حمام سباحة بالووتر بروف

(١) قيشانى مثبت على الووتر بروف مباشرة مثبت على الووتر بروف مباشرة بالمونة العادية أو اللصق الحديث .

(٢) عازل الووتر بروف ٣ طبقات .

(٣) وزرة عازلة من الأسمنت والرمل والأيديبوند والأضافات العازلة مثل السيكا أو الأديكريت .



– يستخدم فى عزل الخرسانة تحت منسوب المياه الجوفية .

– يدهن مباشرة على الأسطح الخرسانية الغير مستوية أو المنحنية كالعقود والقباب ويوفر تكاليف بناء الحماية التى يتطلبها العزل التقليدى .

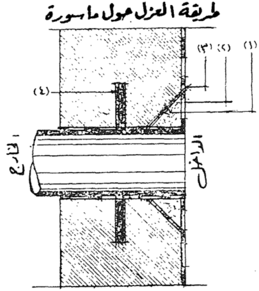
– له مقاومة عالية للكبريتات .

وخطوات التشغيل كالتالى :

١ – ينظف السطح جيداً وتزال من عليه الأتربة .

٢ – تعالج مناطق التعشيش وفواصل الصب قبل العزل بمونة أسمنتية أو خرسانية فينو حسب حجم التعشيش على أن يضاف للمونة مادة ربط للخرسانة الجديدة بالقدمة كالأديبوند .

طريقة العزل حول ماسورة



طريقة العزل حول ماسورة :

(١) دهان طبقة ووتر بروف بعد التكسير حول الماسورة ويفضل خلط الووتربروف بمياه تضاف إليها أيديبوند (وسيط لاصق) بنسبة ١:١ وتترك لمدة ٢٤ ساعة .

(٢) دهان طبقة الووتربروف مماثلة ثم تحشى الفتحة حول الماسورة بأسمنت ورمل بنسبة ٢:١ مخلوط بمياه مضاف إليها أيديبوند وتترك لمدة ٤٨ ساعة .

(٣) يدهن فوق السطح ٣ طبقات ووتر بروف .

(٤) فلنشة حديد ملحومة مع الماسورة قبل صب الخرسانة .

– يخلط الووتر بروف بالماء بنسبة ١ : ٣ بالحجم (١٠ لتر ماء : ٥٠ كجم اديكور) ويصل الووتر بروف بذلك لقوام مثل الروبة .

– ترش الأسطح الخرسانية بالماء وتدهن الطبقة الأولى من الووتر بروف باستخدام الفرشة فى الاتجاه الأفقى وتليها الطبقة التالية متعامدة عليها بفاصل زمنى لا يقل عن ساعتين فى الأجواء الحارة وثلاث ساعات فى الأجواء الباردة .

معدلات المواد :

للطبقة الواحدة على المتر المسطح ١,٥ كجم ووتربروف .

معدلات العمالة :

يلزم أربعة عمال + مساعد خلط ينتجون ٥٠ م² لدهان وجهين ووتر بروف .

مونة الترميم والعزل السريعة

بند (١٤)- سيتوكس فكس CETOX FIX

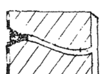
بالمقطوعية : توريد وتركيب مادة سيتوكس فكس CETOX FIX وهى عبارة عن بودرة أسمنتية الأساس تخلط بالماء فقط وتتصلد فى خمس دقائق تقريباً ويبدأ التفاعل وزمن الشك بعد دقيقتين من بدء الخلط بالماء .

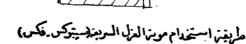
ويجب تخزين السيتوكس فكس فى مكان جاف تماماً ولمدة لا تزيد عن ٦ شهور .

ويستخدم فى غلق الفتحات والفجوات التى تحتاج لغلق سريع كأماكن تسرب المياه .

وتتم طريقة التشغيل كالتالى :

– يخلط سيتوكس فكس بالماء ويمكن إضافة بعض الرمل كمادة مالئة ولكن بدون إضافة أى مواد أخرى مثل الأسمنت أو الجير أو الجبس .



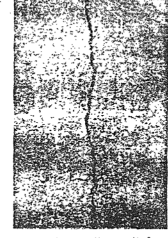


طريقة استخدام مونة العزل السريعة (سيتوكس فكس)

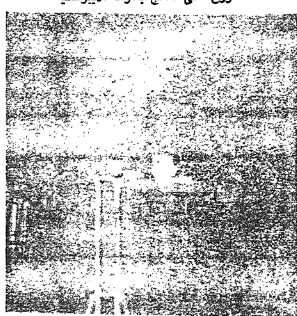
– يتم الخلط بسرعة وبكمية قليلة وتكون الكمية المخلوطة وتضغط فى الفجوة فى زمن لا يتجاوز دقيقتين ولا يجوز إضافة ماء للخلطة أو الاستمرار فى تشغيلها بعد مرور دقيقتين ، ومعدلات المواد والعمالة حسب كل نوعية والأمثلة السابقة تبين خطوات التشغيل .

استخدام المواد الأيبوكسية :

يعتبر العزل باستخدام المواد الإيبوكسية واحد من استخدامات عديدة للمركبات الإيبوكسية والمركبات الإيبوكسية متعددة الأنواع وإن اشتركت فى خصائص كثيرة ويجب اختيار النوع المناسب للغرض المستخدم من أجله . ويجدر بنا هنا أن نشير إلى أهم مجالات استخدام الإيبوكسى لمراعاة ذلك فى اختيار النوع المناسب للغرض المطلوب .



الشروخ التى تعالج بالمواد الايبوكسية



طريقة تبين تثبيت صفين من الأشاير
فى عامود قديم لزيادة قطاعه

ومن أهم هذه الأنواع :

١ – حقن الشروخ الخرسانية .
٢ – ترميم الأجزاء الخرسانية ولحام الخرسانة الجديدة بالقديمة.
٣ – زرع وتثبيت أسياخ الحديد (الأشاير) بالخرسانة .
٤ – حقن وترميم الشروخ الأسفلتية خاصة فى ممرات الطائرات

٥ - دهان الحديد لحمايته من الصدأ أو التآكل .

٦ - عمل سطح نهائى للأرضيات بطبقة صلبة عالية التحمل مقاومة للصدمات والبرى والكيماويات .

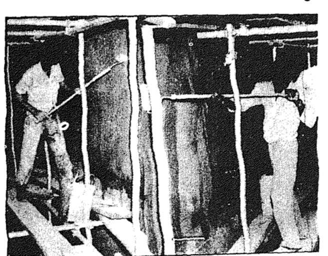
٧ - دهان المنشآت المائية لعزلها وحمايتها من نفاذية الماء .

٨ - دهان الأرضيات بطبقة مانعة لتكوين الأتربة والغبار ANTI DUST ويجدر بنا هنا أن نوضح أنه يمكن استخدام نوع واحد من الإيبوكسى فى أكثر من غرض ويجب لذلك مراعاة إرشادات الشركة المنتجة .

المواصفات الفنية للإيبوكسى العازل :

(أ) دهان أيبوكسى EPOXY PAINT

وهو عبارة عن مركبين (أ) ، (ب) تخلط بالنسب المحددة بواسطة الشركة المنتجة والمركب (أ) هو مركب الإيبوكسى EPOXY-RESIN أما مركب (ب) فهو عبارة عن مصلب HARDENER ويخلط المركبين ويتم تشغيلهما فى خلال فترة التشغيل POT LIFE وهى حوالى ٣٠ دقيقة عند ٢٠ °م وتزيد أو تقل حسب انخفاض أو ارتفاع درجة الحرارة ، وتدهن طبقات الإيبوكسى بفاصل زمنى ١٢ ساعة بين كل طبقة عند درجة ٢٠°م، ويخزن الإيبوكسى فى عبوات مقفلة لمدة عام واحد .



تدهن طبقات الايبوكسى بالرولة متعامدة فى الاتجـــاه الراسى، والافقى

(ب) إيبوكسى برايمر :

عبارة عن مركبين (أ) ، (ب) بنسبة ٢:١ بالوزن ، حاوى على مركبات محللة لتخفيض اللزوجة وفترة تشغيله ٦٠ دقيقة عند ٢٠°م ويمكن من الدهان فوقه بعد ٦ ساعات ويخزن فى عبوات مقفلة لمدة عام واحد ويمتاز بالقدرة على التشرب فى القشرة فيقويها ويجعل طبقة الإيبوكسى المدهونة فوقه أكثر تماسكاً بالسطح الخرسانى إذ يفضل دهانه قبل طبقة الإيبوكسى .

بند (١٥)- العزل بمادة إيبوكسى برايمر :

بالمتر المسطح : توريد وتنفيذ دهان عازل من إيبوكسى برايمر عبارة عن طبقتين متعامدتين تسبقهما طبقة دهان تحضيرية من إيبوكسى برايمر مخفف والفئة تشمل ومحملاً عليها نظافة السطح تماما من الأتربة والزيوت والشحومات .

وتتم خطوات التشغيل كالتالى :

١ - يخلط مركبى إيبوكسى برايمر المخفف خلطا جيداً (برايمر) ويدهن بالفرشاة أو مسدس الرش أو الرولة بعد نظافة السطح الخرسانى جيدا .

٢ - يخلط مركبى إيبوكسى برايمر خلطا جيداً بعد مرور ٦ ساعات على الأقل من دهان البرايمر ويدهن على السطح بالفرشاة أو الرولة أو مسدس الرش .

٣ - تدهن الطبقة التالية من إيبوكسى برايمر متعامدة على الطبقة الأولى بعد مرور ساعة على الأقل .

حماية الأسطح الخارجية

نظراً لوجود مؤثرات خارجية مثل الأمطار والرطوبة والبرودة شتاء والرياح وما تحمله من أبخرة وغازات ومياه بحر فى البلاد الساحلية والحرارة صيفاً لذلك يجب عمل حماية للحوائط الخارجية من هذه المؤثرات ولكن يجب وضع هذه الحماية بالدهانات أو خلافه فى وقت الجفاف لأنه لو وضعت هذه الحماية فى وجود رطوبة داخل الحائط فسيظل الحائط رطباً ، ويمكن لهذه الرطوبة أن تؤثر فى طبقة الحماية وتتلفها وأول حماية تمثل طبقة البياض أو التكسية أو خلافه يجب أن تتم حسب المواصفات وأصول الصناعة من ناحية المواد وما يلزم لإنهاء الحائط ويجب أن تكون مادة الحماية التى يدهن بها الحائط تكون طبقاً للمواصفات ومنها ما يلى :

- دهان الواجهات بالمواد الأكريليكية : acrylic paints

١) الدهان بمادة الأكريليك توفر حماية ممتازة ضد الرطوبة والأمطار والعوامل الجوية المختلفة كالتآكل والكيماويات والبرى وهو من المواد الحديثة التى نجدها فى عديد من الصناعات المعمارية كطلاء البانيوهات والأدوات الصحية والأثاث وقد دخلت هذه المادة فى المجال المعمارى .

٢) يوجد دهانات أكريليكية شفافة ممتازة وتعمل على حماية الواجهات وتدهن بالفرشة أو بالرش بالكمبروسر العادى أو الكمبرسور الهوائى أو الرولات وقد دخلت مشتقات الأكريليك فى صناعة البويات والمواد العازلة والمواد اللاصقة والبويات كما تستخدم فى دهان جميع أنواع الأسطح الخرسانية أو الجبسية أو الاسبستوس أو الخشبية وتوفر لها حماية جيدة .

٣) فى الأماكن التى ليس لها ماء متوفر لرش الخرسانة وعمل الـ curing يمكن دهان سطح الخرسانة بعد الصب بحوالى ٤٥ دقيقة أو رشه ، وبهذا يستغنى عن المعالجة بالماء وذلك بسبب أن المياه الداخلية لن تتمكن من التبخر إلا بعد فترة من الوقت .

- دهان الواجهات بمشتقات السيليكون : silicon paints

١) هذه المادة شفافة ذات لزوجة منخفضة وهى عديمة اللون وتساعد على تسرب الرطوبة الموجودة بالواجهات وتدهن بالفرشاة أو بالرش ويعتبر استخدام مشتقات السيليكون لحماية الواجهات من أكفأ طرق الحماية ولا بد من نظافة الواجهة جيداً من الأتربة العالقة بها قبل استعمال هذه المادة بطريقة الدهان مع ترميم أى جزء يحتاج للترميم .

٢) يدهن بهذه المادة جميع أنواع الأسطح الخرسانية والبياض والطوب والحجر والآثار ومن خصائص هذه المادة أنها تحمى الواجهات من جميع العوامل الجوية وخاصة الأمطار حيث إنها تطرد قطرات المياه المتساقطة عليها .

- الدهانات بالمواد الأسمنتية العازلة :

١) هذه الدهانات عبارة عن مركبات كيمائية تضاف إلى الأسمنت مع لدائن ومواد مالئة وكوارتز مع الإضافات الكيماوية الخاصة بمنع نفاذية الماء ويكون فى صورة بودرة يضاف إليها الماء مع التقليب الجيد بنسبة تتراوح من ١٥٪ إلى ٢٠٪ .

٢) يجب إتمام النظافة الكاملة للسطح المراد دهانه مع الترميم للأجزاء المتساقطة ثم يتم فرد المادة المجهزة بالبروة أو الفرشاة أو بالرش ويتم دهان السطح المراد حمايته وجهين متعامدين ويفضل أن يكون السطح رطباً قبل الدهان وتصلح هذه المواد لعزل الأرضيات الخرسانية والمنشآت الخرسانية عموماً والسدود ومحطات القوى الكهربائية والمنشآت البترولية وأساسات وأعمدة أجسام الكبارى الخرسانية ويجب العناية التامة عند دهان هذه المادة على الأسطح .

ثانياً : الطبقات العازلة للحرارة

وتتلخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار فى البنود الآتية :

- التغيرات الحرارية :

يختلف تأثر وحدات البناء بأنواعها المختلفة بالتغيرات الحرارية تبعاً لنوعية الوحدة ومدى التغير فى درجة الحرارة . ويؤدى التأثير إلى حركة طولية متتابعة تؤدى إلى التمدد عند ارتفاع درجة الحرارة ثم الانكماش عند انخفاضها نتيجة تسرب الحرارة المختزنة بالإشعاع وينتج عن هذه التحركات جهوداً تؤدى إلى تشقق فى غياب الاحتياطات المناسبة .

- يحدث التغير الحرارى خلال ساعات اليوم وكذلك موسمياً :

ويختلف تأثير الحوائط بهذا التغير تبعاً لسرعة حدوثه . ورغم أن فروق الحرارة الموسمية أكبر من التغير اليومى . إلا أنه يحدث على فترة أطول لذلك فإن تأثيره يكون أقل .

- يزيد من نتائج تعرض الحائط للحرارة أن سطحها الداخلى يكون أقل تأثراً ويقاوم حركة السطح الخارجى كما أن بعض أجزاء المنشأ تكون أكثر تعرضاً من غيرها كالدراوى والأسطح النهائية .

- تعتمد الحركة الحرة التى تحدث فى الحائط بعد إنشائه . علاوة على مدى التغير فى درجات الحرارة على درجة الحرارة المبدئية لوحدات البناء عند الرص والتى تتغير تبعاً لتغير فصول السنة والظروف الفعلية خلال وقت البناء وكذلك على الفترة الزمنية بين حريق الوحدات واستعمالها ويحدث التغير فى الاتجاهين الرأسى والأفقى .

- يتحدد معدل تغير حرارة المادة وبالتالى معدل الحركة تبعاً للسعة الحرارية للمادة thermal capacity وتتمثل فى كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة حجم من المادة درجة مئوية واحدة ، وكلما زدات السعة الحرارية لمادة بناء الحائط زدات كمية) الحرارة التى يجب أن تمتصها الوحدات لترتفع درجة حرارتها بقدر معين .

وترتفع درجة حرارة وحدات البناء ذات السعة الحرارية المنخفضة أكثر من غيرها وتتمدد بشكل أسرع .

ويوضح الجدول التالى التغير الطولى لوحدات البناء والمونة نتيجة تغير درجة الحرارة :

المادة	معامل التمدد الطولى/ درجة مئوية
وحدة بناء طفلية محروقة	من ٤ إلى 8×10^{-6} (تتوقف على نوع الطفلة)
وحدة بناء أسمنتية	من ٧ إلى 14×10^{-6}
وحدة بناء جيرى رملى	من ١١ إلى 15×10^{-6}
مونة خرسانة مسلحة	من ١١ إلى 13×10^{-6}

- ليس من الضرورى الأخذ فى الاعتبار تأثير الحرارة من تمدد وانكماش فى الحسابات الإستاتيكية فيما عدا الحالات التى تكون فيه الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس . وفى هذه الحالة يجب مراعاة عمل فواصل للحركة لتقليل تأثير التمدد والانكماش وتقليل تأثير أية إجهادات وتشكيلات غير مرغوب فيها يمكن أن تنشأ عن هذه الحركة .

وسنذكر بعض المواد المستعملة فى العزل الحرارى بإيجاز شديد :

وتتلخص الطبقات العازلة للحرارة باختصار فى البنود الآتية :

١) طبقة عازلة للحرارة من الأسمنت الرغوى (السيلتون) :

وهى مادة مكونة من الأسمنت ومادة رغوية بحيث يصبح الخليط ذا خلايا مسامية جوفاء مع بعضها وتوضع هذه المادة فوق الطبقة العازلة للرطوبة وتفرش على السطح بسمك من ٥ إلى ٧ سم .

٢) طبقة عازلة للحرارة من ورق الكرافت :

تتكون من ورق الكرافت وألواح البلاستيك الممددة ويتم بوضع ورق الكرافت الثقيل ثم طبقة من البيتومين المؤكسد ثم تلصق برص ألواح البلاستيك الممددة على السطح .

٣) طبقة عازلة من خرسانة الفيروموكليت :

تتكون من ١ م٣ فيروموكليت ومائة كجم أسمنت ويفرش بسمك متوسط ٧ سم بحيث يكون أقل سمك عند الميزاب ٥ سم .

٤) طبقة عازلة من براز البقر :

ويستعمل فى ريف صعيد مصر وهو نوع رخيص جداً وهو يتكون من جزء جير بلدى + ٣ أجزاء من براز البقر الحديث وتفرش على السطح كمونة بسمك لا يقل عن ٧ سم .

٥) طبقة عازلة من الفلين :

هى عبارة عن ألواح من كسيرات الفلين المشبع بالقطران والمضغوط تحت درجات حرارة معينة بواسطة مكابس هيدروليكية ويتم تنفيذه بوضع طبقة من دهان البيتومين ثم طبقة فلين ثم طبقة دهان بيتومين .

٦) طبقة عازلة للحرارة من الطين :

يتم عمل هذه الطبقة من مخلوط الطين والقش بسمك حوالى ١٥سم ويتم تنفيذه بتقسيم السقف إلى حشوات بمقاس ٢×٢م بحواجز من الطوب ثم يصب الطين والقش ويستعمل هذا النوع أيضاً فى صعيد مصر .

٧) طبقة عازلة للحرارة من الأستيروبور : Extruoed Polystyrene

وهى عبارة عن ألواح خفيفة لونها أبيض وأزرق فاتح وكثافات مختلفة تبدأ من ١٧ حتى ٦٠, ومقاس اللوح ١×٢ والسمك الشائع هو ٥، ٧,٥، ١٠، ١٥سم وهذه الألواح ترص فوق الطبقة العازلة للرطوبة ويجب دهان وجهين بيتومين فوق الطبقة العازلة للرطوبة ثم ترص الألواح .

٢) يتم تقفيل الفواصل بين الألواح بمونة غير منكمشة ثم بشريط لاصق عريض أو بالماستيك المطاطى .

٨) طبقة عازلة من البولى ستايرين :

ويصنع بطريقة البثق ويصنع عن طريق البثق باستخدام غازات عازلة للحرارة مع مادة البولى ستايرين ويشكل على شكل ألواح ويوضع على السقف فوق الطبقة العازلة للرطوبة .

٩) طبقة عازلة للحرارة من منتجات الزجاج الخلوية :

وهى عبارة عن ألواح بأسماك تتوافر من ٢٠م إلى ١٢٠م وتستعمل فوق طبقة من البيتومين .

١٠) طبقة عازلة من المواد الفينولية الرغوية :

المواد الفينولية الرغوية المصنعة على شكل ألواح ورقائق وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3927 ولا تقل سماكتها عن ١٢,٥م وتصلح لعزل الحرارة حتى ١٣٠° .

١١) طبقة عازلة للحرارة من بلاطات الصوف المعدنى :

تربط بلاطات الصوف المعدنى بمادة رابطة مناسبة لتكوين بلاطه مثبتة وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3958

١٢) طبقة عازلة للحرارة من الألياف الزجاجية :

تكون الألياف الزجاجية لا فلزية وغير عضوية والمعروفة بالألياف المعدنية وتكون مطابقة للمواصفات البريطانية BS-3958

١٣) طبقة عازلة للحرارة من الحبيبات المعدنية :

وهى تتكون من البرليت وهو زجاج بركانى خامل ممدد بعملية تسخين خاصة ومعالج بسيلكون غير قابل للالتهاب حيث تكون النتيجة نتاج خفيف الوزن من مادة حبيبية بيضاء يمكن مناولتها وصبها بسهولة وتعتمد ناقلية الحرارة الخاصة بها على الكثافة ودرجة الحرارة المحيطة وهذه المادة لها مقاومة الاشتعال مع نقطة انصهار عند درجة ١٢٠٠ درجة مئوية .

١٤) طبقة عازلة للحرارة من الميكار (ركام فخارى ممدد خفيف) :

تكون هذه المادة على هيئة عقد كروية صغيرة من الفخار الممدد ذات مسطحات مزججة يتم إنتاجها باتحاد مادة كيمائية للتمدد فى الفخار وذلك قبل تكوين العقد الكروية هذه المادة لها تقريباً نفس الخواص الموصوفة سابقاً للبريت .

عزل الواجهات من الحرارة

رغوة البولوريثين :

هذه المادة ناتجة من تفاعل المركبات التى تحتوى على المجموعات الهيدروكسيلية (البوليول polyal) كحول متعدد الهيدروكسيل مع ثنائى الأيسوسيانات وتمتاز هذه الرغوة بخاصية الالتصاق الجيد لمعظم السطوح بشرط أن يكون خلفيات هذه السطوح نظيفة وخالية من الشحوم ويمكن رش مكونات الرغوة السابقة داخل فراغات أو تجاويف أو على المسطحات المعقدة ذات الأبعاد الثلاثة .

رغوة اليوريا فورمالديهيد :

رغوة اليوريا فورمالديهيد أرخص النوعين السابقين فهذه المادة أوسع انتشاراً للاستعمال لهذا الغرض ولكن لا يمكن وضعها على المسطحات ويمكن استخدامها لملء الفراغات السابقة التشكيل ولا يمكن استعمالها بين المواد الصماء التى تسمح بنفاذ الماء الناتج عن عملية الرغوة .

مواد التحكم فى أشعة الشمس :

أ) الرقائق المعدنية : من هذه الرقائق الأكثر توفراً هى الرقائق الصفائحية التى تجمع بين خواص العزل الحرارى والعاكس وخواص حجز الرطوبة والبخار ويمكن أن يشكل التكوين الصفائحى على طبقتين من البيتومين المقوى بالألياف والمغلف بورق الكرافت ثم يغطى من إحدى واجهتيه أو كليهما برقائق الألومنيوم المصقول بحيث تكون السماكة حوالى ٤رم ويجب أن تكون هذه الرقائق عند استعمالها مطابقة للمواصفة .

ب) الدهانات العاكسة للشمس :

هناك عدة أنواع من الدهانات العاكسة لأشعة الشمس بأسماء تجارية مختلفة .

الفصل الثالث

تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات

قبل أن نبدأ فى دراسة تخفيض مياه الرشح وحماية الأساسات سنلقى الضوء بشرح بسيط للمياه الجوفية والسطحية :

المياه الجوفية :

هى المياه الواقعة فى طبقة الأرض تحت التربة مباشرة أو مياه السطح وتلك المياه تتدفق خلال التربة مكونة النطاق المائى (المستوى الذى تحته تكون الأرض مشبعة بالماء) وهذا النطاق المائى يختلف فى ارتفاع الماء عن مستوى سطح الماء الموجود فى الأنهار والقنوات والبحيرات وغيرها وكمية الأمطار الساقطة وكذلك نوع التربة التى يتكون منها الأعماق .

المياه السطحية :

المياه السطحية هى تلك المياه التى تستخدم فوق مستوى النطاق المائى وأحياناً تسمى المياه الشعرية وكذلك معدل انتقال المياه خلال الأرض يعتمد على تركيب التربة .

بصفة عامة فإن المياه الجوفية تسبب رطوبة وهذه الرطوبة تضر بصحة الإنسان الشاغل لمثل هذه المبانى والأثاث بالإضافة إلى تأثر الأساسات والبدرومات التى تصلها هذه المياه الجوفية ووجود النطاق المائى المتغير أكثر خطورة حيث إنه يتسبب فى سحب المواد المذابة وانكماش التربة تحت الأساسات وذلك بسبب عدم استقرار للمبنى ولذلك يجب بذل أقصى جهد لتخفيض منسوب المياه حتى لا تصل إلى أساسات المبنى .

وتمثل مشكلة ارتفاع منسوب المياه الأرضية لم يكن متوقعاً من قبل ولم يؤخذ فى الاعتبار عند التصميم وتنفيذ بعض المبانى التى أنشئت فى الماضى القريب وارتفاع منسوب المياه الأرضية بما تحتويه هذه المياه من أملاح ضارة على جميع العناصر الإنشائية المدفونة تحت سطح التربة مما يكون أبلغ الضرر .

٢) وخاصة على المبانى فى المناطق القديمة المزدحمة بالسكان بسبب قدم وتآكل شبكات مياه الشرب وشبكات الصرف الصحى كذلك فإن تلف المحابس وعدم إحكام الوصلات بين هذه الأنابيب بعضها ببعض وغرف التفتيش بالإضافة إلى رى الحدائق يؤدى إلى تسرب كميات كبيرة من المياه خلال التربة نتيجة لذلك يتكون منسوب مياه أرضى مرتفع وأول ما يعانى من هذه الظاهرة تلك المبانى التى تم إنشاؤها منذ فترة طويلة عندما كان منسوب المياه الأرضية منخفضاً وذلك قبل إنشاء السد العالى وكان هذا الارتفاع فى مناسيب المياه الأرضية سبباً فى غزو المياه لتلك البدرومات خلال كل ثغرة موجودة فى المبنى تسمح بتسرب المياه ومن هذا بدأ الاتجاه إلى تخفيض المياه الجوفية .

طرق المنع والحماية methods of prevention and precation

١) مستوى الأساسات (foundation level) بقدر الإمكان إما أن يكون أسفل أو أعلى مستوى المياه الجوفية المتوقعة بمعنى أن يتم حفظ الأساسات دائماً إما فى جفاف تام أو بلل تام .

٢) يجب أن يستخدم مواد البناء المانعة للمياه وأن تكون لها قدرة تحمل عالية .

٣) استخدام سد كاتم مانع للماء (damp proofing) سواء أكان مستوى الأساسات أعلى أو أسفل النطاق المائى للمياه الجوفية فإن الأساسات يجب حمايتها بطريقة أو أكثر من السدود الكاتمة للماء وذلك اعتماداً على وضع حالة المبنى .

٤) مصارف المياه فى التربة (soil draing) فى منطقة منخفضة فى التربة يجب عمل المصارف خلال المبنى قبل الإنشاء خاصة إذا كان هناك احتمال لعمل خطوط الصرف وعمل حجرات تفتيش

وهناك عدة طرق لعمل مصارف المياه وذلك حسب حالة الموقع وأهمية المبنى وطبيعة التربة .

أولاً : نموذج (أ) عمل خطوط صرف بطريقة catch basin وهذه الخطوط تصلح إلى مبانى صغيرة وتكون حول محيط المبنى أو شبكة مواسير مخرمة (صرف مغطى) وهذه المواسير حولها زلط رفيع يحجز الرواسب الداخلة مع المياه وتصل المياه خالية من الرواسب إلى حجرة تفتيش وتسحب منها المياه إما عن طريق مضخة كهربائية أو تكون المجارى العمومية أوطى من منسوب حجرة التفتيش وهذه الطريقة تعمل بعد إنشاء المبنى .

(أ)

طريقة صرف مياه الرشح حول منزل صغير

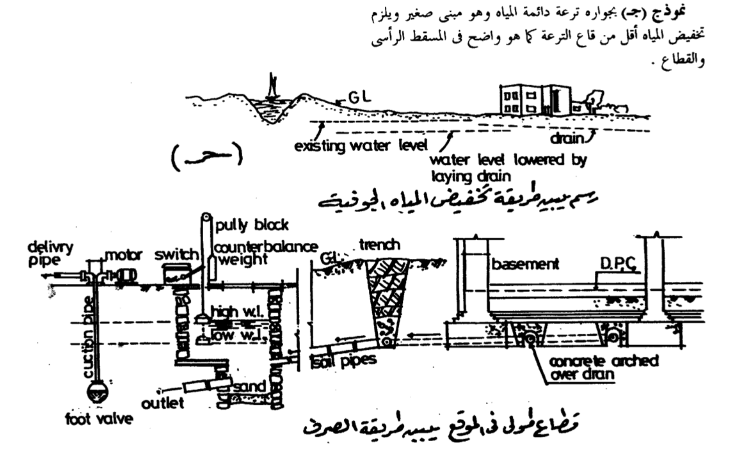
نموذج (ب) يتم هذا النموذج قبل إنشاء المبنى وطريقة الصرف المغطى أفضل الطرق لسحب المياة وتنفذ بحفر ترنشات عند عمق مناسب أى عمل ميول للصرف ويمكن أن تكون المياه تسرى عن طريق الجاذبية أى عمل ميول للصرف ويمكن تفريغها (أو سحبها لأقرب قناة أو بالوعة وتسمى هذه الطريقة herring bone style) وتحدد المسافة b,a حسب طبيعة التربة أو المسامية ومنسوب مياه الرشح .

(ب)

طريقة صرف مياه الرشح تحت بدروم مبنى صغير وطريقة الهيكل العظمى

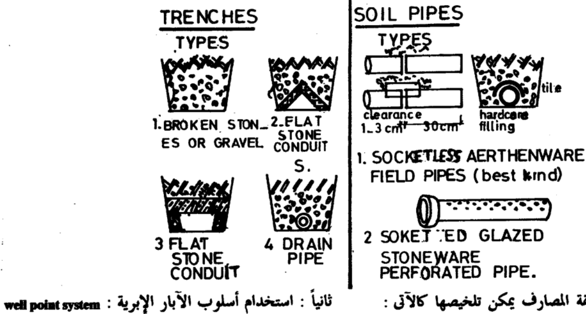
طريقة صرف مياه الرشح تحت بدروم فى منشأ كبير وطريقة الهيكل العظمى حيث a لا تزيد عن ٢,٥م b لا تزيد عن ١٠م

نموذج (جـ) بجواره ترعة دائمة المياه وهو مبنى صغير ويلزم تخفيض المياه أقل من قاع الترعة كما هو واضح فى المسقط الرأسى والقطاع .



والنماذج التالية تبين طريقة الصرف بالمواسير soil pipes والترنشات trenshes الخاصة لتصرف مياه الرشح .

بعض أنواع المواسير والترنشات الخاصة بصرف مياه الرشح



وعيوب طريقة المصارف يمكن تلخيصها كالآتى :

أ) تجمع الطمى والحشرات الطفيلية فى المواسير وهذا الخطر يمكن تجنبه عن طريق بناء حجرة تفتيش عند الفواصل وتغطية كل المخارج بشبك سلك .

ب) تلف المواسير عن طريق جذور الأشجار ويمكن تجنبه باستخدام عقود للمواسير من الخرسانة العادية .

جـ) تلف المواسير عن طريق أساسات المبنى ويمكن تلاشى هذا العيب ببناء عقود فوق المواسير وتظل الأحمال بعيدة عن المواسير .

ثانياً : استخدام أسلوب الآبار الإبرية : well point system

تستعمل هذه الطريقة فى حالة التربة الرطبة وبجوار منشآت يخشى عليها من النزح السطحى لأن النزح السطحى يخلخل أكثر التربة الموجودة تحت المبانى وهى عبارة عن دق حرب بمسافة ما بين ٢:٤ متر حول مختلف المبنى الخارجى وبعمق يكفى لسحب المياه وذلك حسب طبيعة التربة وتسحب هذه المياه بماسورة مجمعة وتصرف فى شبكات الصرف الصحى كما فى الشكل التالى .

كوع

منسوب مياه الرشح

قطاع رأسى

جلبة

طريقة الآبار الإبرية - مسقط أفقى

تجفيف أرض الموقع :

قبل أن نبدأ فى تجفيف الموقع يجب اتباع الحاجز بطريقة الستائر المعدنية أو الستائر الخشبية .

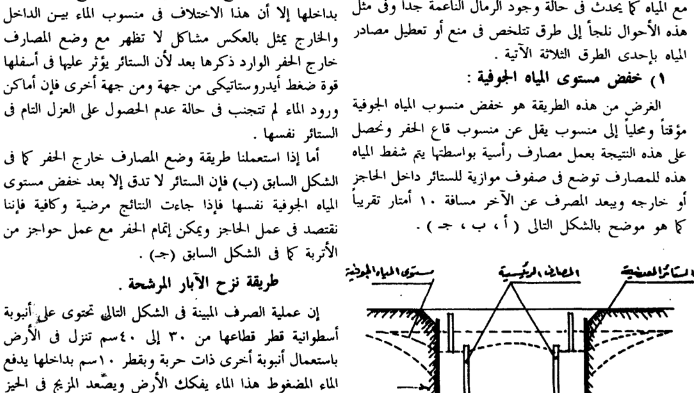
وبعد بناء الحاجز الذى يوفر إعداد مكان للعمل بطرق البناء العادية يلجأ إلى تجفيف أرض الموقع حتى يمكن البدء فى البناء .

إن طريقة التجفيف بنزح المياه الموجودة داخل الحاجز هى الطريقة المستعملة قديماً وهى التى تخطر على الذهن لأول وهلة هذه الطريقة لم تتغير فى جوهرها بمقتضى الزمن إلا فى آلات النزح نفسها التى تحسنت باستعمال المضخات ذات القوى الطاردة المركزية أو استعمال المضخات التى تعمل بالهواء المضغوط ، وذلك بتشغيل مجموعة منها على جهاز واحد لهذا الهواء وقد ساهمت هذه الطريقة الأخيرة فى تحسين طرق النزح وأمكن بواسطتها رفع مياه النزح إلى ارتفاع ستين متراً وقد أفاد استعمال الهواء المضغوط فى تبسيط آلات نزح المياه لدرجة ساعدت على إنزالها فى حفر ذات أقطار صغيرة .

إلا أنه قد يحدث أحياناً أن عملية النزح هذه سواء أكانت باستعمال مضخات القوى الطاردة المركزية أو مضخات الهواء المضغوط لا يمكن تطبيقها إذ تصبح كثيرة النفقات إذا ما كان العمل تحت الأرض المشبعة بالماء وذلك لوجود منافذ للماء خصوصاً إذا ما كانت الأرض مفككة إذ تسحب هذه التربة مع المياه كما يحدث فى حالة وجود الرمال الناعمة جداً وفى مثل هذه الأحوال نلجأ إلى طرق تتلخص فى منع أو تعطيل مصادر المياه بإحدى الطرق الثلاثة الآتية .

١) خفض مستوى المياه الجوفية :

الغرض من هذه الطريقة هو خفض منسوب المياه الجوفية مؤقتاً ومحلياً إلى منسوب يقل عن منسوب قاع الحفر ونحصل على هذه النتيجة بعمل مصارف رأسية بواسطتها يتم شفط المياه هذه للمصارف توضع فى صفوف موازية للستائر داخل الحاجز أو خارجه ويبعد المصرف عن الآخر مسافة ١٠ أمتار تقريباً كما هو موضح بالشكل التالى (أ ، ب ، جـ) .



(أ) شكل يبين المصارف الرئيسية موضوعة داخل الستائر

(ب) شكل يبين المصارف الرئيسية موضوعة خارج الستائر

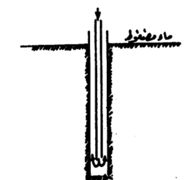
(جـ) شكل يبين خفض مستوى المياه الجوفية بواسطة المصارف الرأسية والحفر مع عدم استعمال الستائر

إن نظام المصارف فى داخل الحيز المحصور بالحاجز كما فى الشكل السابق (أ) له ميزته إذ أنه يسمح بإتمام الصرف على فترات متعاقبة تبعاً ومتمشياً مع عملية الحفر وهذا يقلل من أطوال المصارف وبالتالى يسهل سحب الماء ويقلل من كمية الماء المنصرف لأن سطح الماء يبقى مرتفعاً خارج الستائر عنه بداخلها إلا أن هذا الاختلاف فى منسوب الماء بين الداخل والخارج يمثل بالعكس مشاكل لا تظهر مع وضع المصارف خارج الحفر الوارد ذكرها بعد لأن الستائر يؤثر عليها فى أسفلها قوة ضغط أيدروستاتيكى من جهة ومن جهة أخرى فإن أماكن ورود الماء لم تتجنب فى حالة عدم الحصول على العزل التام فى الستائر نفسها .

أما إذا استعملنا طريقة وضع المصارف خارج الحفر كما فى الشكل السابق (ب) فإن الستائر لا تدق إلا بعد خفض مستوى المياه الجوفية نفسها فإذا جاءت النتائج مرضية وكافية فإننا نقتصد فى عمل الحاجز ويمكن إتمام الحفر مع عمل حواجز من الأتربة كما فى الشكل السابق (جـ) .

طريقة نزح الآبار المرشحة .

إن عملية الصرف المبينة فى الشكل التالى تحتوى على أنبوبة أسطوانية قطر قطاعها من ٣٠ إلى ٤٠سم تنزل فى الأرض باستعمال أنبوبة أخرى ذات حربة وبقطر ١٠سم بداخلها يدفع الماء المضغوط هذا الماء يفكك الأرض ويصّعد المزيج فى الحيز الحلقى المحصور بين الأسطوانتين فإذا وجدت المصارف على العمق الكافى فإن العملية بعدئذ تنحصر فى شفط الماء وتخليص الأرض منه .



شكل يبين طريقة نزح الآبار المرشحة

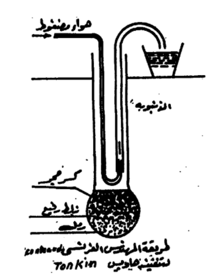
إن المرشح يحتوى على عدة أغلفة مشتركة المركز من النحاس الأصفر مثقوبة مع وجود مواد مرشحة بينها مثل الحصى كما أن الغلاف الخارجى يحتوى على ثقوب صغيرة ليحول دون مرور حبيبات الرمل الناعمة .

إن شفط الماء يستلزم إتمامه بكل دقة وعناية فيجب أن يكون بطريقة مستمرة لتجنب الصعود المفاجىء لمنسوب المياه الجوفية التى تؤثر فى توازن الأرض كما أنه يجب كذلك أن تكون شدة الشفط منتظمة فإذا كانت ضعيفة جداً فإن مستوى المياه الجوفية يصعد وإذا كانت قوية فإن الطينة نفسها يمكن أن تسحب فى الطلمبة مما يؤدى إلى تعطيلها .

هاويس المهندس الفرنسى M.conteaud

قد لجأ المهندس الفرنسى M. conteaud إلى تنفيذ هاويس فى Tonkin مع استبدال هذه المرشحات بعمل جيب محفور فى قاع المصرف الرأسى يملأ بالرمل والحصى والحجارة المكسورة كما هو موضح فى الشكل التالى والسحب يتم بواسطة إدخال الهواء المضغوط .

ولإنزال المصرف فإن تيار الهواء المدفوع فى الداخل يعمل على مزج التربة بالماء فتسحب بالأنبوبة إلى الخارج وبعد الانتهاء من حفر المصرف فإن الهواء المضغوط يستعمل فى نزح الماء .



طريقة المهندس الفرنسى conteaud لتنفيذ هاويس Tonkin

الأمثلة التالية قام بها بعض الأساتذة وسنذكر أسماءهم بالمراجع لمبانى كبيرة وكل منهم له رؤية فى الحل .

أولاً : مثال لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل البدروم لمبنى بالجيزة وتمت الخطوات كالآتى :

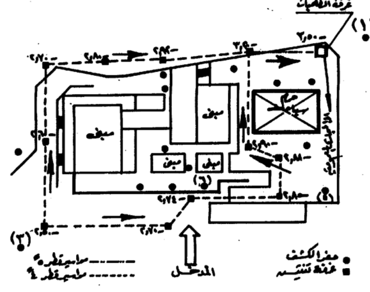
هذا المبنى يتكون من بدروم وطابقين أرضى وأول ومبنى بالأسلوب الهيكلى أثبتت الجسات حول المبنى على تربة طينية حتى ٩ متر ثم طبقات من الرمل المتوسط ٣,٥م وأساسات هذه المبانى قواعد منفصلة وأرضية البدروم بمنسوب ٢,١٥ تحت الصفر وتتراكم المياه بأرضية البدروم حوالى ٢٠سم ومياه الرشح أتلفت الأعمدة والحوائط وقد وجدت شبكات مواسير المياه متلفة نظراً للعمر الافتراضى والمياه الجوفية ذات نسبة أملاح كلية ذائبة قليلة لا تزيد عن ٦٠ جزء من المليون وقد تم عمل عدد ١٦ حفرة كما هو موضح بالرسم .

الكشف على الأساسات والحوائط الخرسانية الساندة :

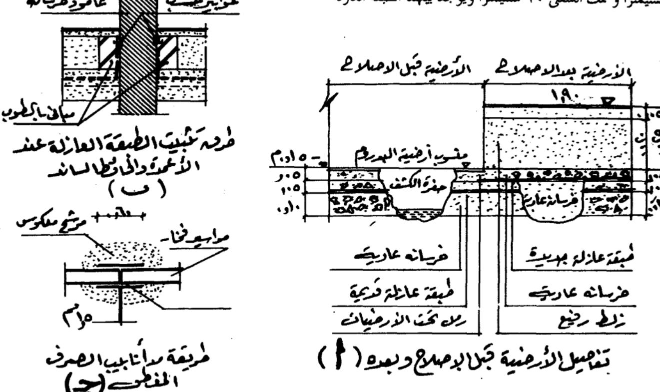
تم الكشف على أساسات المبنى والحوائط الساندة من الخرسانة المسلحة للتعرف على طبيعتها ومطابقة ما جاء باللوحات مع ما هو منفذ فعلاً فى الطبيعة وقد تم التوصل إلى الآتى :

١) الأساسات عبارة عن قواعد منفصلة تحت الأعمدة والحوائط الساندة لها قواعدها المستمرة والرسم التالى يبين شكل الموقع العام ومواقع الحفر والصرف المغطى حول المبنى .

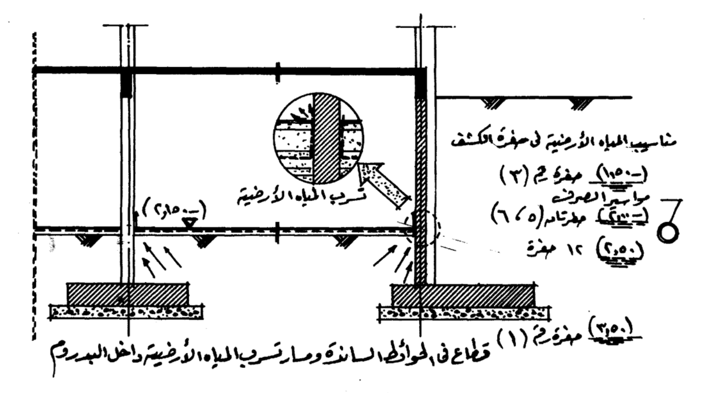
شكل يبين البدروم ومواقع حفر الكشف عن المياه الأرضية والصرف المغطى حول المبنى



٢) أرضيات البدروم مركبة على طبقة رمل ومونة سمكها ٥ سنتيمترات تحتها فرشتان من الخرسانة العادية سمك العليا ٥ سنتيمتراً وسمك السفلى ١٠ سنتيمتراً ويوجد بينهما الطبقة العازلة وهى خيش مقطرن وتفاصيل ذلك موضحة بالشكل التالى (أ) الذى يبين الأرضية قبل الإصلاح وبعده .



وقد تلاحظ أن التقابل بين الطبقات الأرضية هذه وبين الحوائط الساندة والأعمدة تمثل أسطح انفصال تسمح بمرور المياه الأرضية خلالها مما يسهل عملية تسرب المياه من التربة إلى داخل البدروم وتجمعها على أرضية المبنى من الداخل على النحو الموضح بالشكل التالى .



العلاج المقترح :

من الدراسات والاختبارات وتحليل النتائج السابق ذكرها تم اقتراح الأسلوب الأمثل لعلاج هذه الظاهرة ومنع تكرار حدوثها مستقبلاً ، والحل المقترح يتكون من ثلاثة مراحل تم تنفيذها جميعا تحت إشراف هندسى كامل ومستمر ويمكن تلخيص هذه المراحل فيما يلى :

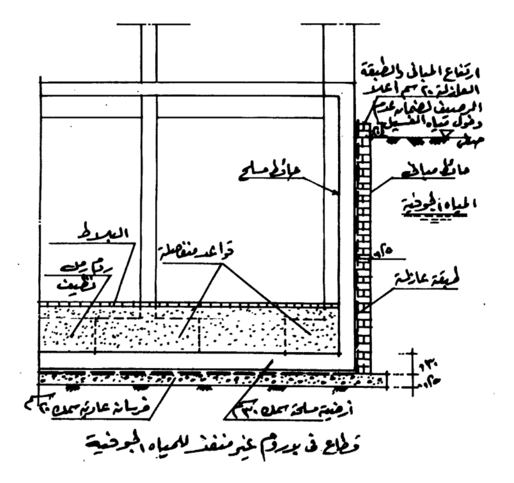
أولاً : البحث عن نقط الضعف فى شبكات التغذية بمياه الشرب سواء فى المبنى نفسه أو فى المبانى المجاورة وعمل الإحلال والتجديد والإصلاح اللازمة فى المواسير والمحابس ونقط اتصال المواسير والتفريعات وخلافه بحيث يتم سد هذه الثغرات مما يقلل من كمية المياه المتسربة إلى أقل حد ممكن .

ثانياً : تنفيذ نظام صرف مغطى يحيط بالمبنى موضوع الدراسة من الخارج لتجميع المياه المتسربة وصبها فى محطة الطلمبات الموجودة بجوار حمام السباحة ويبين الشكل السابق بالبند (١) المسار المقترح لنظام الصرف المغطى بما يشغله من خطوط مواسير بالانحدار وغرف تفتيش بحيث لا يتعارض هذا المسار مع سائر المرافق الأخرى مثل خطوط الصرف الصحى والكهرباء والتليفونات وخلافه ويتكون نظام الصرف المغطى المقترح من وصلات من المواسير الفخار بقطر داخلى ١٠,١٦سم (٤ بوصة) وبطول ١,٠٠ متر للوصلة الواحدة مع عمل فاصل قدره ١,٥٠ سنتيمتراً بين كل وصلة والتالية لها وتحاط تلك الوصلات عند نقط اتصالها بماسورة قصيرة (جلبة) من الأسبستوس بقطر داخلى ١٥,٢٤سم (٦ بوصة) وبطول ٣٠ سنتيمتراً لحفظ استمرارية الميل على طول خط المواسير وتحاط الوصلات والجلب عند مواضع الاتصال بطبقة من الزلط والرمل المتدرج بسمك لا يقل عن ٤٠سم تعمل كمرشح معكوس يسهل عملية تسرب المياه إلى داخل خطوط المواسير عند نقط اتصالها (كما فى الشكل السابق جـ من البند ٢) وقد تم تحديد التدرج الحبيبى لطبقة المرشح بناء على التدرج للتربة الأصلية المحيطة به .

ثالثاً : رفع منسوب جميع أرضيات البدروم بمقدار ٢٥سم باستعمال تربة زلطية حيث تنعدم الخاصية الشعرية فيها على النحو الموضح بالشكل السابق (أ من البند ٢) ويتم التعديل المترتب على ذلك فى الأبواب والنوافذ والدرج .

رابعاً : الرسم السابق (ب) بالبند (٢) يبين طريقة تثبيت الطبقة العازلة عند الأعمدة والحائط الساند .

خامساً : الرسم التالى يبين رسماً نموذجياً لقطاع فى بدروم غير منفذ للمياه الجوفية .



قطاع فى بدروم غير منفذ للمياه الجوفية

ثانياً : مثال لعلاج تسرب المياه لمبنى مستشفى بالقاهرة

يتكون المبنى من بدروم ودور أرضى وثلاثة أدوار علوية ومنشأ بالأسلوب الهيكلى وأرضية البدروم تحت منسوب الرصيف بمقدار ٢,٢٥ متر ومبنى على قواعد منفصلة والمياه متراكمة أعلى أرضية البدروم بحوال ٣٠سم وقد أظهرت نتائج الجسة على طبقة سطحية من الردم بعمق يصل إلى ١,٦ متر وحتى نهاية عمق الجسات طبقات تتكون من الرمل والزلط بنسب وتدرج مختلف من موقع لآخر والمياه الأرضية على عمق ٢ متر من سطح الأرض وقد وجد أن مقدار الكبريتات على هيئة كب أ٫ تتراوح من ٢٢٠ ، ٣٢٠ جزء فى المليون .

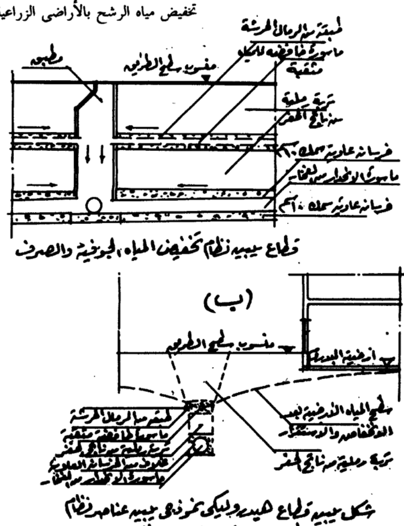
أسلوب العلاج المقترح :

تم اقتراح أسلوبين لعلاج هذه الظاهرة . الأول : يتلخص فى تخفيض منسوب المياه الأرضية بالمنطقة الواقع بها المبنى بمقدار يمنع تسرب المياه إلى داخل البدروم . والثانى : عبارة عن عملية عزل شاملة وترجع المفاضلة فى تطبيق أى من الحلين إلى الناحية الاقتصادية مع أخذ سهولة وزمن التنفيذ فى الاعتبار ويستلزم تنفيذ أى من الاقتراحين عمل تخفيض لمنسوب المياه الأرضية بمقدار يسمح بالتنفيذ ولا يؤثر على سلامة المبانى المجاورة ، وقد تم اقتراح استخدام أسلوب الإبار الأبرية ويعرف باسم well point system حيث يعتبر أسلوباً مناسباً لطبيعة التربة فى موقع المبنى وفيما يلى تفصيل للحلين المقترحين كل على حدة :

١ - أسلوب تخفيض المياه الأرضية فى منطقة المبنى :

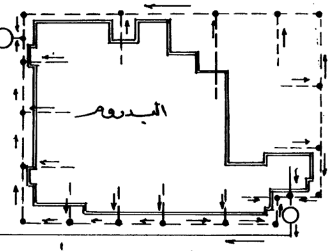
يوضح الشكلان التاليان (أ، ب) أن النظام المقترح يتكون من العناصر الآتية : -

- شبكة من المواسير المثقبة بقطر ٨سم مصنوعة من مادة P.V.C تمتد فى عدة محاور داخل وخارج المبنى موضوعة داخل خنادق من الرمل الحرش السليسى الخالى من الشوائب والمواد الكيميائية الضارة ويفضل تغطية الثقوب بشبكة ضيقة الفتحات تحول دون انسدادها وقد تم تحديد مسارات تلك المواسير بما لا يتعارض مع أماكن الأساسات والمرافق كما تم تحديد أطوال وأقطار المواسير بما يضمن تجميع وتصريف وخفض المياه الأرضية فى زمام خدمة كل ماسورة بحيث يستقر منسوب المياه الأرضية عند العمق المقترح وهو أوطى من منسوب التأسيس بمقدار حوالى ٢٠سم وهذه الطريقة تماثل تماما الطريقة التى يتم بها تخفيض مياه الرشح بالأراضى الزراعية .



- مجموعة من المطابق الخرسانية خارج المبنى لتجميع المياه من المواسير المثقبة الخافضة . وقد تم تحديد أبعاد وعدد وأماكن تلك المطابق بما يتناسب مع كمية تصريف المياه ومسار شبكة المواسير وتوزيع شبكات المرافق فى محيط المبنى والشكل التالى يوضح مسارات المواسير وأماكن المطابق .

- شبكة مواسير بالانحدار مصنوعة من الفخار قطر ١٥٢,٥مم (٦ بوصات) موضوعة على أعماق أكبر من الشبكة المثقبة الخافضة ومهمتها نقل المياه المتجمعة فى المطابق إلى بيارتين رئيستين فى جهتين متقابلتين من المبنى يتم سحب المياه من كل منهما بواسطة مضخة للتخلص منها فى شبكة المجارى العمومية عن طريق خط طرد قطر ٦٠٠مم مع وجود مضخة احتياطية مع كل بيارة كما موضح بالشكل التالى .



مسقط أفقى
للبدروم مبينه عليه مسار شبكة المواسير ومواضع المطابق والبيارات

- يجب أن تكون وصلات المواسير ونقط اتصالها بالمطابق والبيارات محكمة جيداً لمنع تسرب المياه وكذلك على درجة من المرونة تمنع حدوث كسر أو شروخ بها وقد تم التنفيذ بالطريقة التى شرحت وهناك طريقة أخرى مرادفة ولم تنفذ وتتلخص فى التالى .

٢ - أسلوب استخدام المواد العازلة :

- يزال بلاط أرضية البدروم بالكامل وما تحته من طبقات حتى يصبح عمق الحفر حوالى ٤٥سم تحت منسوب الأرضية الحالية .

- تزال طبقات الدهان والبياض من أسطح الحوائط والأعمدة داخل البدروم وحتى منسوب جلسة الشبابيك (أسفل النوافذ) .

- توضع طبقة من الرمل السليسى المتدرج والخالى من الشوائب والمواد الضارة وتدمك جيداً مع الرش بالمياه ليكون سمكها النهائى ٢٥سم .

- يصب فوقها بلاطة من الخرسانة المسلحة بسمك ١٠سم مع استخدام الأسمنت المقاوم للكبريتات وإضافة إحدى المواد الحديثة لتقليل النفاذية على أن تستمر هذه البلاطة الخرسانية فى الامتداد رأسياً داخل البدروم على أسطح الحوائط الخارجية والداخلية والأعمدة حتى منسوب جلسة الشبابيك بحيث تكون قميصاً محكماً ومتصلاً اتصالاً تاماً مع العناية بالزوايا والأركان وعمل أشاير من الحديد لتثبيت القميص الخرسانى بمونة الإيبوكسى فى الحوائط والأعمدة .

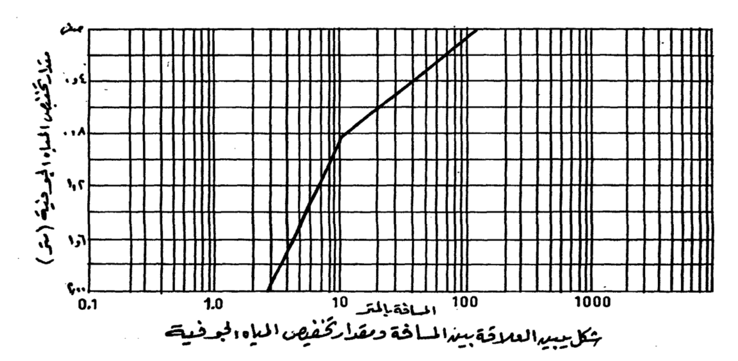
ثالثاً : مثال لتخفيض المياه الجوفية بطريقة الآبار العميقة لمشروع مجارى أبو النمرس :

هذا المبنى عرضه ثلاثة أمتار وطوله ١٠٠م والمراد حفره بعمق ٩,٥ ومنسوب المياه الجوفية يتراوح ما بين ٤,٥ إلى ٤,٨م وعليه فإن منسوب المياه الجوفية يقع أعلى من منسوب الحفر بمقدار ٥م وذلك طبقاً لقراءة البيزومترات وتم عمل اختبار باستخدام بئر قطر ١٦ بوصة وماسورة داخلية قطر ١٢ بوصة وبطول حوالى ٢٤ متر (١٠ متر مسلودة من سطح الأرض وتليها ماسورة مخرمة بطول ١٢ متر ثم ٢ متر ماسورة مسلودة) فى المكان الذى ستركب فيه الطلمبة الغاطسة وقد تم تركيب أربعة بيزومترات تبعد عن بئر الاختبار بمسافات ٥، ١٠، ٢٠، ٤٠ متر لمتابعة مقدار تخفيض المياه الجوفية نتيجة لتشغيل بئر الاختبار ، وقد تم تركيب طلمبة غاطسة داخل البئر وبتشغيلها وجد أن مقدار التصرف الخارجى من البئر حوالى ١٠٠م^3/ساعة وقد تم متابعة تخفيض المياه الجوفية داخل البيزومترات بعد تشغيل البئر بفترة حوالى ٢٤ ساعة وقد أعطيت البيزومترات القراءات الآتية :

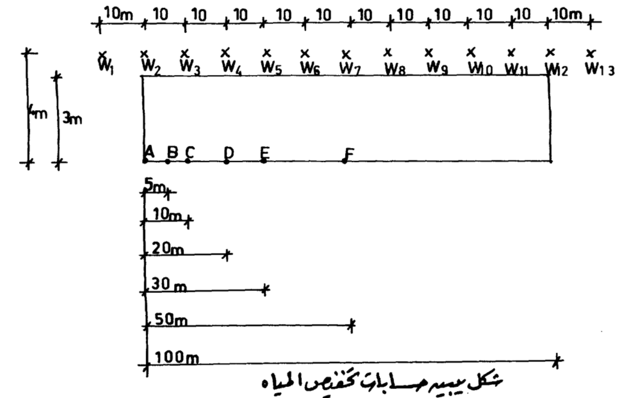
قراءة البيزومترات

المسافة (متر)	٥	١٠	٢٠	٤٠
مقدار تخفيض المياه الجوفية (متر)	١,٥٠	٠,٨٢	٠,٦٧	,٤٠

ونتائج اختبار الضخ مبينة فى الشكل التالى فى صورة علاقة بين المسافة ومقدار تخفيض المياه الجوفية .



شكل يبين العلاقة بين المسافة ومقدار تخفيض المياه الجوفية



شكل يبين حسابات تخفيض المياه

وبالرجوع إلى هذا الشكل يمكن تصميم نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام طريقة التجمع للآبار المتعددة

(cummulative drawdown method for multiple wells)

- نظام تخفيض المياه الجوفية باستخدام الآبار العميقة :

بالرجوع إلى قطاعات الجسات وطبيعة التربة المعطاة يتضح أن التربة تتكون من سطحية غير منفدة بعمق يتراوح بين ٩،١ متر إلى ١١،٣ متر تحت سطح الأرض الطبيعية وتليها طبقة الرمل الحاوية للمياه الجوفية .. ويعتمد التصميم المعطى هنا على استخدام آبار عميقة مماثلة لبئر الاختبار كما يلي :

- عمق البئر من سطح الأرض= ٢٤ متر (١٠ متر ماسورة مسدودة تليها ١٢ متر ماسورة مخرومة ثم ٢ متر ماسورة مسدودة) .

- قطر البئر= ١٦ بوصة .

- قطر المواسير الداخلية= ١٢ بوصة .

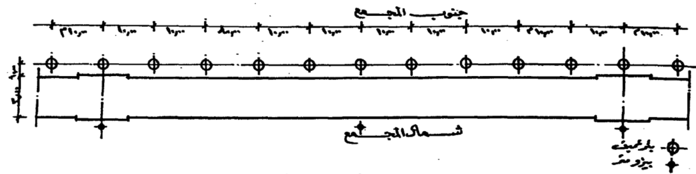
- الطلمبات المستخدمة لها قدرة على ضخ ٩٠ م^3/ ساعة عند ضغط مقداره ٢٠ متر عمود ماء وقد تم استخدام مبدأ التراكب

superposition عند حساب مقدار تخفيض المياه الجوفية **drawdown** عند أى نقطة نتيجة تشغيل مجموعة من الآبار .

والتصميم المقترح هنا هو تنفيذ هذه الآبار على مسافات مقدارها ١٠ متر (من محور البئر التالى) وذلك على امتداد الحفر بطول ١٠٠ متر (أى ١١ بئراً) ويتم تنفيذ بئر سابق للحفر وآخر لاحق للحفر .. بإجمالى ١٣ بئر لتخفيض المياه الجوفية على طول ١٠٠ متر .

وبالرجوع إلى الحسابات المعطاة يتضح أن هذا التوزيع للآبار من المتوقع أن يقوم بتخفيض المياه الجوفية بمقدار ٥,٢ متر تحت منسوب الأصلى (أى ٠,٣ متر تحت منسوب قاع الحفر) .

والشكل التالى يوضح توزيع الآبار والبيزومترات حول الحفر .



والشكل التالى يبين قطاع رأسى من الآبار العميقة موضحاً تفاصيل البئر وأبعاده .

شكل يبين قطاع فى البئر العميق

تصميم زلط الفلتر :

يتم تصميم زلط الفلتر فى هذا التقرير تبعاً للطريقة المعطاة وهى كالتالى :

- يتم رسم حدود منحنيات التدرج للتربة الرملية التى يتم سحب المياه منها .

- **يتم اختيار مادة الفلتر تبعاً للشروط الآتية :**

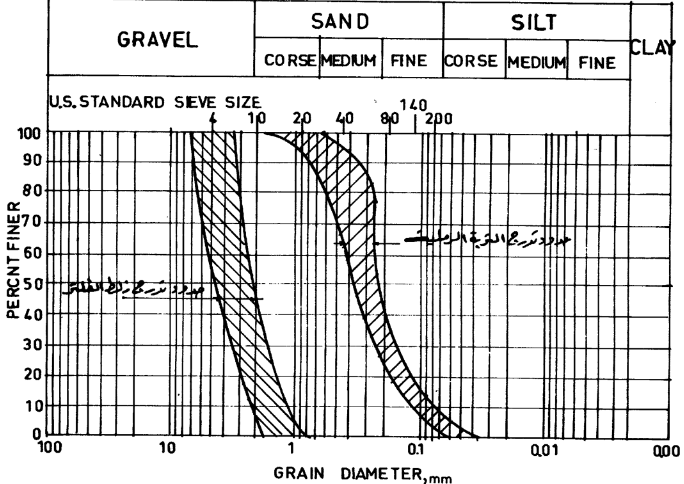
١) القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من الفلتر لا تزيد عن خمسة مرات القطر المنفذ لنسبة ٨٥٪ من أنعم منحنى للتربة .

٢) القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من الفلتر لا يقل عن أربعة مرات القطر المنفذ لنسبة ١٥٪ من أخشن منحنى للتربة .

٣) أقصى مقاس لزلط الفلتر= ٧٥ مم .

٤) يتم رسم منحنى التدرج لمادة الفلتر بحيث تتبع تقريباً شكل منحنيات التدرج للتربة وبحيث لا يزيد معامل الانتظام لمادة الفلتر عن ٣,٠٠ .

وبتطبيق هذه الشروط فإن التدرج المقترح لمادة زلط الفلتر يجب أن يكون كما هو معطى بالشكل التالى .



شكل يبين تدرج زلط الفلتر

البيزومترات :

يجب القيام بتركيب بيزومترات على الجانب المواجه للجانب المنفذة فيه الآبار العميقة وعلى مسافات حوالى ٥٠ متراً فيما بينها وذلك حتى يمكن مراقبة منسوب المياه الجوفية ومتابعة عمل الآبار وكذلك لمعرفة تكوين التربة على طول مسار المجمع للمساعدة فى تركيب الآبار بطريقة سليمة .. وفى كل الأحوال يجب عدم الوصول بالحفر إلى منسوب معين إلا بعد التأكد من أن الآبار قد قامت بتخفيض منسوب المياه الجوفية فى هذا المكان بمقدار ٣٠ سم على الأقل تحت منسوب الحفر المراد الوصول إليه . والشكل التالى يبين قطاعاً من البيزومترات الموصى بتنفيذها .

شكل يبين تفاصيل البيزومتر

توصيات تنفيذ الآبار العميقة :

– يجب إبقاء الغلاف مملوءاً بالماء خلال تنفيذ البئر وتغويص الغلاف يدوياً وذلك لمنع حدوث فوران فى القاع .. ويمكن تحقيق ذلك من خلال استمرار صب المياه داخل الغلاف .

– يجب أن تكون أبعاد البئر ومكوناته كما بالشكل التالى ويجب ألا يزيد قطر الطلمبة الغاطسة عن ٦ بوصة وذلك لسهولة تركيب الطلمبات فى قاع البئر .

– يجب أن لا تقل مساحة الخروم فى الجزء المخروم بماسورة البئر عن ٩٪ ويكون مقاس فتحة الخروم هى ١,٠٠ مم± ٠,١ م .

– ويجب استخدام الماسورة المخرمة بحيث تكون ذات نتوءات بارزة كما بالشكل التالى **Bridge- slotted screen** .

– يجب أن يتم إنزال ماسورة البئر داخل البئر بحيث تكون متمركزة داخل الغلاف وذلك باستعمال قطع من الحديد تلحم على ماسورة البئر من الخارج ويكون طولها الأقصى مساوياً نصف القطر الداخلى للغلاف مطروحاً منه نصف القطر الخارجى لماسورة البئر .. ويتم تركيب هذه القطع على زاوية ١٢٠° درجة فى المسقط الأفقى ، ويفضل أن يتم تركيبها على مناسيب مختلفة المسافة الرأسية بين كل قطعتين متتاليتين هو ٢,٠٠ متر ويجب أن تكون مواد الفلتر خالية من أى مواد ناعمة .

– ويجب إنزال مادة الفلتر داخل البئر بواسطة قمع ولا يتم إلقاء مادة المرشح من سطح الأرض وذلك حتى يمكن تجنب حدوث انفصال لحبيبات الفلتر .

– يجب تنمية البئر جيداً وبطريقة تدريجية قبل وصله مع خط الطرد .

– يجب تخفيض منسوب المياه الجوفية بمقدار ٢٠ سم على الأقل تحت منسوب قاع الحفر .. ويجب التأكد من ذلك عن طريق قراءات البيزومترات التى يتم تركيبها كل ٥٠ متر ويجب عدم الاستمرار فى الحفر إلا بعد التأكد من أن منسوب المياه الجوفية قد تم تخفيضه بمقدار ٢٠ سم على الأقل تحت قاع الحفر المراد الوصول إليه .

– يجب أن لا يقل تصرف البئر عن ٩٠ م^3/ ساعة ويجب التأكد من هذا التصرف من خلال قراءات عدادات التصرف **flowrmeters** التى يتم تركيبها على الآبار .

– يجب تركيب مصيدة للرمال **sandtrab** على كل بئر وذلك لقياس محتوى الحبيبات فى مياه النزح والذى يجب أن لا يزيد عن ١٥ جزء فى المليون .. وعند وجود بئر يعطى محتوى حبيبات أكبر من ١٥ جزء فى المليون يتم إلغاؤه وتنفيذ بئر آخر بدلاً منه .

– قبل البدء فى تشغيل نظام تخفيض المياه الجوفية يجب توفير وحدات احتياطية فى الموقع كما يلى :

– يجب تشغيل مولد والاحتفاظ بمولد آخر كاحتياطى .

– يجب توفير طلمبة احتياطية لكل خمس طلمبات عاملة .

– يجب إمداد معدات تخفيض المياه الجوفية بنظام الإنذار الفعال .

– ومن المعروف أن المياه الناتجة من النزح خلال خط طرد من الصلب بقطر ٤٠٠مم .



أعمال البناء ومعايير المعاينة والزلزال والأحمال

الفصـــل الأول

أولاً- طريقة البناء :

١- تبنى كافة الحوائط سواء أكانت بالطوب الملآن أو المفرغ أو القوالب الخفيفة أو الأحجار بشكل مداميك أفقية (ما عدا المبانى الدبش المقلب) تامة الرباط متشابكة اللحامات قاطعة الحل موطنة فى المونة ولحاماتها ملآنة بها وليس بها أى فراغات أو قطع صغيرة مفتتة .

٢ – عند تقابل الحوائط وعند النواصى الخارجية والداخلية وعند تقابل الحوائط بالأكتاف وعند بلسقالات الفتحات يلزم ربط الحوائط ببعضها ربطاً تاماً ، وفى حالة المبانى بالأحجار يجب أن تبنى هذه الأجزاء إما بالطوب أو بالحجر الثلاثات أو الدستور المنحوت .

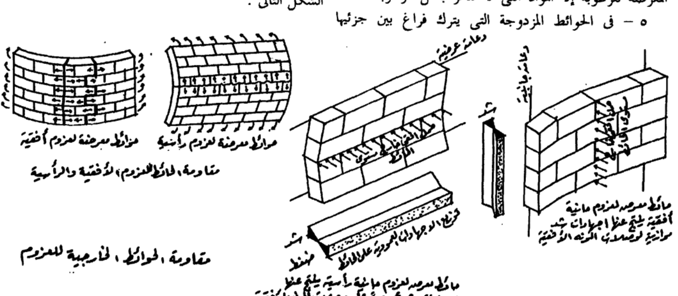
٣ – يجب ألا يزيد بروز أى مدماك من البناء عن المدماك الذى تحته عند عمل البروزات (Corbelling) عن ٤/١ طوبة أو ٦سم بحيث لا يزيد البروز الكلى عن سمك الحائط كما يجب أن تراعى نفس هذه المقاسات عند عمل القصص بالأساسات أو الأسفال وذلك فى مبانى الطوب ، أما فى مبانى الحجر فلا يجوز أن تزيد عن ١٥سم .

٤ – لا يجوز أن يستعمل فى الحوائط تحت الطبقة العازلة المعرضة للرطوبة إلا المواد التى لا تتأثر بفعل الرطوبة .

٥ – فى الحوائط المزدوجة التى يترك فراغ بين جزئيها (Cavity Walls) عندما يكون حائطها الخارجى بسمك لا يزيد عن ١٢سم يلزم ربطه مع الحائط الداخلى بأربطة من الحديد أو الطوب أو ما يماثله كل مسافة لا تزيد عن ١,- متر فى الاتجاه الطولى ولا يقل عددها عن ثلاثة فى كل متر من الارتفاع بحيث تكون الأربطة متخالفة الوضع (Staggered) وفى هذه الحوائط لا يعتبر إلا الجزء الداخلى السميك فى حمل الأثقال ويحدد سمكه طبقاً لما سيأتى بعد ، خاصاً بالحوائط العادية كما يجب أن يبنى الجزء الخارجى (سمك ١٢سم) بمونة أسمنتية مع عمل فتحات لتهوية الفراغ من أعلى ومن أسفل .

٦ – لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الخارجية لأى مبنى عن ٢٥سم سواء أكانت المبانى من ذات الحوائط الحاملة أو التى بشكل هيكل من الخرسانة المسلحة أو هيكل من الحديد وذلك فى حالة بنائها بالطوب أو الأحجار أو الخرسانة العادية ، أما إذا كانت هذه الحوائط من الخرسانة المسلحة فلا يجوز أن يقل سمكها عن ١٠سم – والمقصود بسمك الحائط هو سمك المبانى فقط بدون سمك البياض وبدون سمك طوب الكسوة للواجهات الذى يلصق بعد البناء وبدون سمك الكسوة الحجر الصناعى .

٧ – تسرى نفس الاشتراطات المذكورة فى البند السابق رقم «٦» على حوائط الأبراج ويجب عند بناء الأبراج مراعاة بنائها حوائطها الخارجية بحيث تقاوم العزوم وجميع الإجهادات كما فى الشكل التالى .



٨ – لا يجوز أن تبنى دراوى البلكونات والحوائط المستعملة درابزينات للسلالم بسمك أقل من ١٢سم فى حالة بنائها بالطوب أو ٦سم فى حالة عملها بالخرسانة المسلحة وفى الحالة الأولى يجب أن تبنى بمونة الأسمنت والرمل بنسبة لا تقل عن ٣٠٠ كجم أسمنت للمتر المكعب رمل .

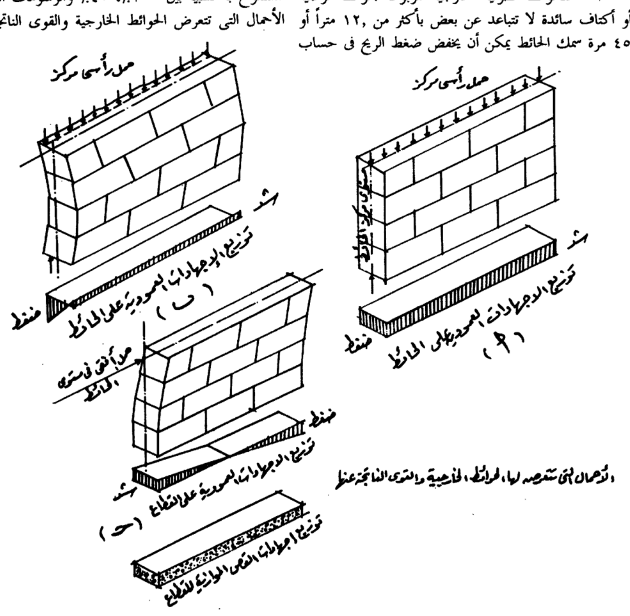
ثانياً– المبانى ذات الحوائط الحاملة (Wall-bearing Structures)

٩ – لا يجوز أن تتعرض الحوائط المبنية بالطوب أو الأحجار أو الخرسانة العادية لأى قوى شد أو قص ولا يعتمد عليها إلا فى مقاومة قوى الضغط فقط – ويستثنى من ذلك الأجزاء البارزة بشكل قصص فى الأساسات أو بشكل بروزات أعلى الحوائط (Corbelling) أو مبانى العقود والأعتاب وفى هذه الأحوال يعتبر الجهد المسموح به للشد أو القص عبارة عن ١٠/١ من جهد الضغط المسموح به لنفس النوع من البناء .

١٠ – للحوائط الطولية الخارجية المربوطة بحوائط عرضية أو أكتاف سائدة لا تتباعد عن بعض بأكثر من ١٢, متراً أو ٤٥ مرة سمك الحائط يمكن أن يخفض ضغط الريح فى حساب عزم الانقلاب للحشوات بأن يؤخذ ٧٥٪ فقط من ضغط الريح المحدد فى فصل الأحمال ، كما يمكن أن تعتبر القوى الأفقية المنقولة من هذه الحوائط الطولية إلى الأكتاف الساندة أو الحوائط العرضية كأنها ٢٥٪ من ضغط الريح الكلى عليها .

١١ – يجب ألا تزيد نسبة الارتفاع التصميمى (Effective Height) الموضح بالفقرة ١٣ بعده إلى سمك الحائط أو إلى أصغر ضلع للكتف أو العامود وذلك للحوائط والأكتاف أو الأعمدة الحاملة عن ١٢ مرة ويطلق على هذه النسبة اسم النسبة النحفية (Slenderness Ratio) .

١٢ – تستعمل الجهود المسموح بها للضغط على المبانى إذا كانت النسبة النحفية لأى حائط أو كتف أو عامود لا تزيد عن ٦ وفى الحالات التى تكون هذه النسبة تساوى ١٢ يخفض الجهد المسموح به بجعله ٤٠٪ فقط من الجهد الأصلى وفى الحالات التى تكون فيها النسبة بين ١٢،٦ فيخفض الجهد المسموح به نسبياً بين ١٠٠٪، ٤٠٪ والرسومات التالية تبين الأحمال التى تتعرض الحوائط الخارجية والقوى الناتجة عنها .



الأحمال التي تتعرض لها الحوائط الخارجية والقوى الناتجة عنها

١٣ – تحدد النسبة النحفية للحوائط والأكتاف والأعمدة باعتبار أن الارتفاع التصميمى لها هو مرة ونصف ارتفاع الحائط غير المربوط من أعلى ، ٤/٣ الارتفاع للحائط المربوط من أعلى وأسفل وباعتباره ضعف الارتفاع للأعمدة والأكتاف غير المربوطة من أعلى ، ومرة واحدة الارتفاع للأعمدة أو الأكتاف المربوطة من أعلى وأسفل .

١٤ – لا يجوز فى الحوائط الحاملة أن يزيد مسطح الفتحات الموجودة بها عن ٢/١ مسطح الواجهة بأكملها ابتداء من منسوب سقف الدور الأرضى حتى منسوب السطح وعلى ألا تزيد نسبة مسطح الفتحات الموجودة بأى دور واحد عن ٣/٢ مسطح حائط ذلك الدور وعلى ألا يزيد مجموع عرض الفتحات عند أى منسوب فوق سقف الدور الأرضى عن ٤/٣ طول الحائط عند ذلك المنسوب .

١٥ – فى حالة الأكتاف المتصلة بالحوائط سواء كانت بارزة من جهة واحدة أو من جهتين فإن التى بروزها من جهة واحدة لا يزيد عن ٤/١ سمك الحائط ، والتى مجموع بروزها من الجهتين لا يزيد عن ٣/١ سمك الحائط فتعتبر هذه الأكتاف كجزء من الحائط ، أما إذا زادت البروزات عن ذلك فيعتبر ذلك الجزء كتف مستقل مقاسه من وجه الحائط الخلفى حتى نهاية البروز إذا كان البروز من جهة واحدة أو من طرف البروز الخلفى حتى نهاية البروز الأمامى إذا كان البروز من الجهتين .

١٦ – لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الحاملة الخارجية للمبانى المتعددة الأدوار عما هو مبين بالجدول الآتى مع مراعاة ألا تزيد جهود الضغط الناتجة بها عما هو مسموح به :

جدول يبين سمك الحوائط حتى ستة أدوار فوق الأرضى

عدد الأدوار	أقل سمك للحوائط بالسنتيمتر							ملاحظات
	الأرضى	الأول	الثانى	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	
دورين	٢٥	٢٥	–	–	–	–	–	يجب ألا يزيد طول الحائط عن ٩,– متر وإلا يزاد سمك الدور الأرضى إلى ٣٨
ثلاثة أدوار	٣٨	٢٥	٢٥	–	–	–	–	يجب ألا يزيد طول الحائط عن ١٠ متر وإلا يزاد سمك الدور الأرضى إلى ٥١ وباقى الأدوار ما عدا الأخير إلى ٣٨
أربعة أدوار ...	٣٨	٣٨	٢٥	٢٥	–	–	–	
خمسة أدوار	٥١	٥١	٣٨	٣٨	٢٥	–	–	يجب ألا يزيد طول الحائط عن ١٥ متراً وإلا يزاد سمك جميع الحوائط تحت الدورين العلويين بمقدار ١٢ سم
ستة أدوار	٦٤	٥١	٥١	٣٨	٣٨	٢٥	–	
سبعة أدوار	٦٤	٥١	٥١	٥١	٣٨	٣٨	٢٥	

١٧ – يطبق الجدول السابق ببند ١٦ للحوائط التى لا تزيد نسبة ارتفاعها التصميمى إلى سمكها عن ١٢ مرة ، أما إذا زادت النسبة عن ذلك فيجب أن يزاد سمك الحائط بحيث تستوفى هذه النسبة على أن يزاد سمك جميع الحوائط التى تحت الحائط المذكور بنفس نسبة الزيادة– ويمكن أن يستعاض عن الزيادة المطلوبة بعمل أكتاف بارزة كالمبين بالبند ١٥ لاستيفاء السمك المطلوب بحيث لا يقل مجموع عرض هذه الأكتاف عن ٤/١ طول الحائط الأصلى .

١٨ – يجب ألا يقل سمك الحوائط الحاملة الداخلية للمبانى المتعددة الأدوار عن ٣/٢ سمك الحوائط الخارجية فى نفس الدور وبنفس الشروط بحيث لا يقل بأى حال عن ٠,٢٥ متراً .

١٩ – يجب ألا يقل سمك الحوائط الحاملة الخاصة بالمبانى العامة والمخازن وما شابه عما هو مبين فى الجدول الآتى مع مراعاة ألا تزيد جهود الضغط الناتجة بها عما هو مسموح به مع مراعاة عمل أكتاف بها حسب الاشتراطات المبينة بالبند رقم ١٧ وذلك إذا زدات نسبة ارتفاعها إلى سمكها عن المحدد بند رقم ١١ قبله .

جدول يبين سمك الحوائط الحاملة الخاصة بالمبانى العامة والمخازن وما شابه

ارتفاع الحائط بالمتر	طول الحائط بالمتر	السمك عند القاعدة بالسنتيمتر	طول الحائط بالمتر	السمك عند القاعدة بالسنتيمتر	طول الحائط بالمتر	السمك عند القاعدة بالسنتيمتر
٧,٥	–	٣٨	–	–	–	–
٩,–	لغاية ١٥,–	٣٨	أكثر من ١٥,–	٥١	–	–
١٢,–	لغاية ١٠,–	٣٨	لغاية ١٥,–	٥١	أكثر من ١٥,–	٦٤
١٥,–	لغاية ٩,–	٥١	لغاية ١٥,–	٦٤	أكثر من ١٥,–	٧٧
١٨,–	لغاية ١٥,–	٦٤	أكثر من ١٥,–	٧٧	–	–
٢١,–	لغاية ١٥,–	٦٤	إذا زاد طول الحائط عن ١٥,– متراً			
٢٤,–	لغاية ١٥,–	٦٤	فيجب أن يزاد سمكه ابتداء من القاعدة			
٢٧,–	لغاية ١٥,–	٧٧	حتى نقطة تحت أعلى نقطة فيه بمسافة			
٣٠,–	لغاية ١٥,–	٧٧	٥ متر وذلك بمقدار ١٢ سم .			

٢٠ – يجوز أن تقل أسماك الحوائط الحاملة الخارجية عما هو مذكور فى البنود السابقة فى الحالات الخاصة الآتية وبشرط أن تعمل أكتاف مربوطة مع هذه الحوائط لا يقل مقاسها عن ٢٥ فى ٢٥سم فى الأركان وكذلك على مسافات لا تزيد عن ٣,– متر من المحور للمحور وبشرط أن تبنى الحوائط والأكتاف بمونة الأسمنت القوية .

وذلك فى الأحوال الآتية :

(أ) إذا كان المبنى من دور واحد غير معد للسكن أو العمل به ولا يزيد ارتفاع حوائطه عن ٣,– متر ولا يزيد عرض المبنى فى اتجاه تحميل السقف عن ٩,– متر .

(ب) للأجزاء المبنية فوق الأسطح لتغطية آلات المصاعد أو صهاريج المياه أو ما يشابهها وغير معدة للسكن أو العمل بها وبحيث لا يزيد ارتفاعها عن ٢,٥٠م ولا يزيد طولها أو عرضها عن ٣,– متر– وفى الحالتين السابقتين لا يجوز بأى حال أن تعمل الحوائط بسمك يقل عن ١٢سم .

ثالثاً : المبانى التى من هيكل خرسانة مسلحة أو من هيكل حديد : (Frame Structures) :

٢١ – فى هذا النوع من المبانى تنقل جميع الأحمال إلى الأرض بواسطة الكمرات والأعمدة ولا تؤدى الحوائط بين الأعمدة إلا وظيفة الحشو فقط فلا يعتمد عليها بتاتاً فى حمل الأوزان .

٢٢) لا يجوز أن يقل سمك الحوائط الخارجية عن ٢٥ سم إلا إذا كانت من الخرسانة المسلحة فلا تقل عن ١٠ سم مع مراعاة شروط الارتفاع والطول السابق ذكرها للمبانى الحاملة على أنه يجوز أن تستعمل فى بناء هذه الحوائط المواد الخفيفة كالطوب المفرغ والقوالب الصناعية الخفيفة الملآنة أو المفرغة أو ما يماثلها بحيث تكون غير قابلة للالتهاب .

٢٣ – لا يجوز أن يقل سمك القواطيع الداخلية سواء أكانت من الطوب الملآن أو المفرغ أو البلوكات الصناعية عن ١٠ سم للحوائط التى يزيد ارتفاعها عن ٢,٥٠ متر وعن ٦سم للتى أقل من ذلك ، أما إذا كانت من الخرسانة المسلحة فلا يجوز أن يقل سمكها عن ٦سم .

٢٤ – عند استعمال أى مادة خلاف الخرسانة العادية أو المسلحة فى بناء القواطيع الداخلية فيجب عمل شدادة مستمرة من الخرسانة المسلحة بارتفاع لا يقل عن مدماكين طوب عند منسوب أعتاب الفتحات بكامل طول القواطيع أو تقوية القواطيع بأكتاف بارزة .

٢٥ – يجب ربط دراوى البلكونات وحوائط درابزينات السلالم التى بسمك نصف طوبة بالهيكل الأصلى للمبنى بواسطة كانات خاصة تثبت فى الأعمدة أثناء إنشائها .

رابعاً : الطبقات العازلة للرطوبة والحرارة وحماية المبانى من الخارج :

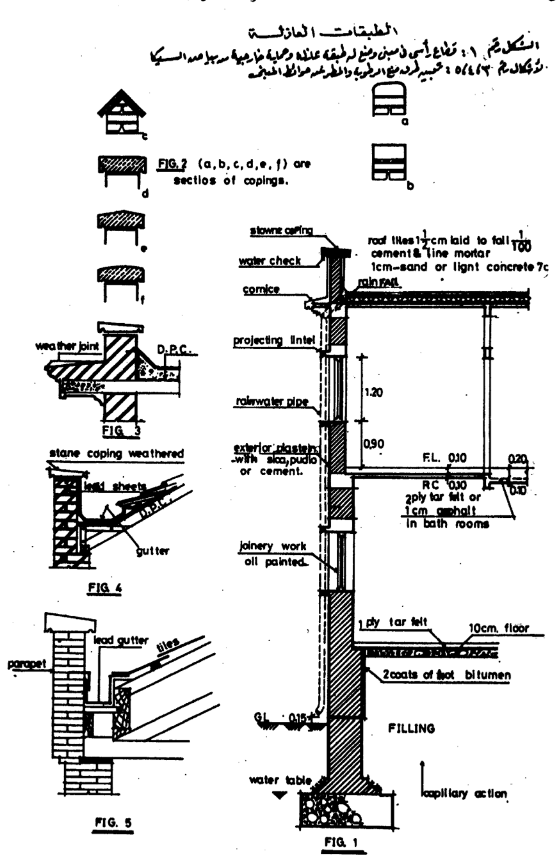
٢٦– الطبقة العازلة بأرضية الدور الأرضى يجب أن تكون بسمك الحائط وأعلى الرصيف بمقدار ١٥سم كى لا يتأثر الحائط بمياه الغسيل وتكون متصلة من الداخل ، ويجب أن توضع على طبقة من الخرسانة العادية لا تقل عن ١٥سم إذا زادت مساحة الحجرة عن ١٦م^2 ويوضع فوقها لياسة بسمك ٢سم ثم طبقة البلاطة .

٢٧– فى دورات المياه يجب أن يخفض سقفها ٢٠ سم عن الأرضية ويوضع طبقة عازلة على الخرسانة مباشرة وتستمر رأسياً فى محيط الحوائط بمعدل ٢٠ سم فوق منسوب الحجرات المجاورة .

٢٨– يوضع طبقات عازلة على خرسانة سقف الدور الأخير مباشرة وتستمر رأسياً فى محيط الحوائط أعلى بلاط السطح بمقدار ٢٠ سم .

٢٩- يجب دهان المبنى من الخارج بمادة حماية مثل السيكا وخلافه لحماية الحوائط الخارجية من المطر والندى فى حالة عدم وجود بياض .

٣٠- الشكل التالى يبين قطاع رأسى فى مبانى حاملة وطريقة وضع الطبقة العازلة للحرارة والرطوبة وطرق منع المطر عن الحوائط الخارجية .



الفصل الثانى
الإنشاء بالدبش وشروطه

أولاً : مقدمة وتعاريف :

يعتمد البناء بالأحجار على توافر الأحجار بالمنطقة التى سيقام عليها المنشأ وعلى الأنواع المختلفة من الأحجار المتاحة من تلك المنطقة – كما أن البناء بالأحجار يحتاج إلى مهارات وخبرة من العمال الذين سيقومون بتنفيذ هذه الأعمال . وتختلف نوعية البناء بالأحجار ونوعية الأحجار المستخدمة فى البناء على نوع المنشأ نفسه واستخدامه .

وللتعريف على المنشأ المبنى بالأحجار يستلزم التعرف على مكوناته وأجزائه المختلفة سواء من الأحجار وأحجامها أو طرق استخدامها فى البناء (نوعية البناء بالدبش) .

وتلخص هذه الأجزاء المكونة للمبنى الدبش كالآتى :

– **السهل HEADER :**

وهو الحجر الذى يكون ضلعه صغير (عرضه) موازياً للواجهة والضلع الكبير (طوله) عمودياً على واجهة المبنى .

– **الحمل : STRECHER :**

وهو الحجر الذى يكون ضلعه الصغير (عرضه) عمودياً على الواجهة والضلع الكبير (طوله) موازياً للواجهة .

– **السابح THROUGH STONE :**

قطعة حجر تستخدم فى ربط وجهى الحائط الحجرى ويكون طوله مساوياً لعرض (سمك) الحائط وعمودياً على الواجهة .

العرموس :

المونة المحصورة بين سطحى حجرتين متجاورين ويمكن أن يكون رأسياً أو أفقياً أو متعرجاً مع أسطح الحجر .

– **السابة :**

الحجر الذى يترك كطرف رباط بين حائطتين متقابلين لاستكمال البناء .

– **الرباط :**

يستخدم فى ربط أجزاء المبنى مع بعضه ليكون كتلة واحدة . وينتج ذلك بجعل العراميس الرأسية موزعة بطريقة لا تسمح بانطباقها على بعض ومسافة الإزاحة عن بعض تتوقف على طريقة البناء ومقاسات الأحجار المستخدمة .

– **الرفرفة :**

جزء بارز من المبنى يستخدم كارتكاز لغرض إنشائى أو زخرفى ، مثل تحميل المعدات الخشبية الحاملة للأرضيات أو فى الكرانيش .

مسميات الأحجار تبعاً لأحجامها :

– **حجر الآلة :**

وهى الكتل الكبيرة من الأحجار التى يصعب رفعها يدوياً وتستخدم آلات الرفع عند رفعها وهى الأحجار المستخدمة عادة فى الأساسات أو فى تغطية خنادق الصرف أو فى الأعتاب الكبيرة .

– **الدبش :**

أقل حجماً من حجر الآلة وله مسميات كثيرة تبعاً لشكلها ومقاساتها فمنها الثلاثات العادية والبناوى والدبش الغشيم وهو إما دبش عجالى ذو حجم كبير أو حلوانى وهو ذو حجم صغير لا يزيد ضلعه عن ٢٠ سم .

– **الدقشوم :**

ذو حجم أصغر من الدبش يصل إلى حوالى ٦ سم .

– **الحصوة :**

قطع صغيرة من ناتج توضيب الأحجار تستخدم فى ترييح الدبش عند البناء .

– **الدستور :**

حجر مشكل قائم الزاوية ولا يقل ارتفاعه عن ٦٠ سم .

– **نصف دستور :**

حجر مشكل قائم الزاوية ويكون ارتفاعه من ١٨ سم إلى ٣٠ سم .

– **المدماك :**

رصة أفقية من الأحجار بارتفاع واحد وهى تكون إما من حجر واحد أو عدة أحجار فوق بعضها .

– **التبويضة :**

برواز يعمل لتحديد وجه الحجر الغاطس عن سطح الحجر الذى يقطع مستقيماً والجزء المحصور بين التبويضة يسمى « بقجة » .

– **السوكة :**

هى تقابل سطحين منهيين .

– **عرموس المرقد :**

هو اللحام فى الحوائط الذى يكون موازياً للمرقد الطبيعى للحجر وتنتقل من خلاله الأحمال – أما فى الكرانيش فاللحامات يجب أن تكون رأسية .

– **الأربطة :**

وهى قطع إما معدنية أو حجرية قوية تستخدم لربط أجزاء المبانى الحجرية ، والأربطة المعدنية والحجرية تكون على شكل مجرى والأرجل تدخل فى الأحجار وتغطى بمونة أسمنتية وتكون على شكل ذيل يمامة فى المسقط .

– **الطبقة العازلة :**

تستخدم فى عزل المياه أو الرطوبة عن المبنى ، وهى إما أفقية أو رأسية وتستخدم فى الأساسات والحوائط وأسفل أرضيات الدورات والأسطح .

- التزهير :

هو الطبقة الملحية التى تظهر على الحجر بعد تبخر المياه .

- قاعدة الأراس المدرجة :

وهى تكون بارزة عن وجه الحائط ومدرجة على هيئة قفص لتوزيع الأحمال على الأساسات .

- الحشو أو الشقف :

قطع صغيرة من الأحجار توضع داخل اللحامات لسند الأحجار الرئيسية للبناء وتثبيتها فى الوضع المطلوب وقد يتم إظهارها فى الواجهة كنوع من الزخرفة – أما حشو قلب الحائط فهو المبانى التى يملأ بها الفراغات الموجودة بين وجهى الحائط وله دور هام فى المساعدة على ربط وجهى الحائط بمساعدة المونة وتجويفها جيداً لعدم ترك فراغات بين الدبش .

- الصنج :

حجر مسلوب يستخدم فى بناء العقود والأقبية والقباب .

- المفتاح :

(مفتاح العقد سواء المستوى أو الدائرى) وهو الحجر الأول للعقد .

- الفخذ :

جزء الحائط المجاور للفتحة (أبواب – شبابيك ..) .

- الحجر الرابط :

قطعة حجر مستعملة فى ربط وجهى الحائط ومقاسها العمودى على وجه الحائط لا يقل عن ثلثى سمك الحائط ويتميز هذا الحجر عن الحجر السابح (طوله يساوى كامل سمك الحائط) .

- الحجر العابر :

قطعة حجر طولها فى الواجهة يعادل ارتفاع حجرين أو ثلاثة .

- المدماك الرابط :

مدماك طوب أو حجر منحوت أو بلاطات يبنى فى الحوائط الدبش القلب لاتزان الحائط وزيادة قوته .

- المرقد :

الاتجاه الأصلى للتكوين الطبقى للأحجار الرسوبية وتوضع الأحجار على مرقدها فى البناء بحيث تكون الأحمال والقوى العمودية على اتجاه المرقد سواء فى الحوائط أو فى العقود .

- الوسادة الحجرية :

كتلة حجرية صلبة توضع فى المبانى لتوزيع الأحمال المركزة على الحوائط (كمرات الأسقف أو الأرضيات ....) .

- الكحلة :

ملء العراميس فى المبانى بالمونة بالشكل المطلوب .

- رطوبة الحجر :

الرطوبة الطبيعية الموجودة بالحجر بعد قطعه حديثاً من المحجر .

- طرف الرباط :

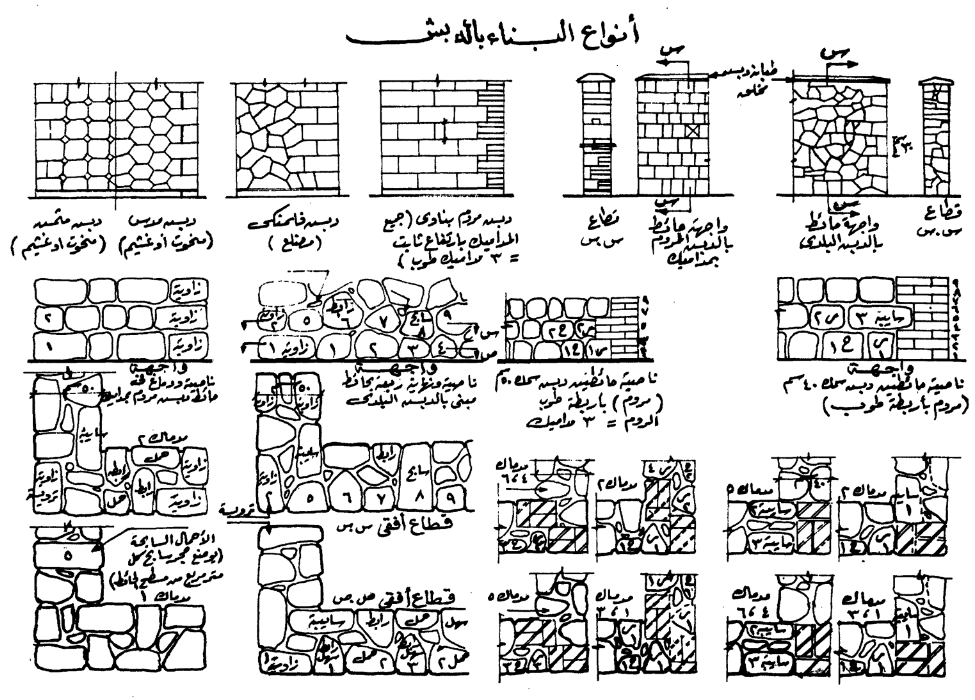
تسنين (بروز وردود) يترك فى البناء لإمكان ربط المبانى المستجدة بعد ذلك فى حالة استكمال البناء .

- التجوية :

عمل تشكيل فى أجزاء من المبنى لمنع تأثير مياه المطر عليه أو إبعاد مياه المطر عن واجهة المبنى .

- الخوابير :

تستعمل لربط أحجار الدراوى بأحجار الكورنيش والجلسات بالأحجار أسفلها .


أنواع البناء بالدبش
دبش مدبس (منحوت أو غشيم)
دبش مسدس (منحوت أو غشيم)
دبش فالمنكى (مضلع)
دبش مزوم بغدادى (جميع المداميك بارتفاع ثابت = ٣ مداميك طوب)
قطاع س س
واجهة حائط بالدبش المزوم بمداميك
واجهة حائط بالدبش البلدى
قطاع س س
واجهة
ناصية حائط دبش سمك ٥٠ سم (مزوم) بأربطة طوب
المزوم = ٣ مداميك
ناصية حائط دبش سمك ٤٠ سم (مزوم بأربطة طوب)
قطاع أفقى س س
قطاع أفقى ص ص
الأحمال السابحة (بوضع حجر سابح كل متر مربع من سطح الحائط)
تروبة

ثانياً : الأنواع المختلفة من الأحجار المستخدمة فى البناء :

تنقسم الأحجار الطبيعية إلى الأنواع التالية :

١ - صخور نارية :

وتسمى أيضاً بالصخور المتبلورة وهى التى تكونت من مواد منصهرة ثم تصلبت بالبرودة وأهمها الجرانيت .

٢ - صخور رسوبية :

وهى تتكون من قطع صغيرة (دقيقة) من الصخور تماسكت جيداً نتيجة الضغوط الكبيرة عليها وبمساعدة مواد لاصقة سواء معدنية (حديدية أو جيرية أو جبسية أو سيليسية) وهذه المواد تؤثر على قوة تماسك الصخور وتتكون من طبقات بعضها فوق بعض ومن أهمها :

(أ) أحجار جيرية : ويتكون معظمها من كربونات الجير وبعض السيليكا .

(ب) أحجار رملية : وأساسها الكوارتز متماسكة بالسيليكا أو الألومنيوم (الألومينا) أو كربونات الكالسيوم أو المنجنيز أو أكاسيد الحديد وتتوقف مقاومة الأحجار على طبيعة المادة اللاصقة ونسبة المسام بين جزئيات الأحجار .

(جـ) أحجار طينية : تحتوى على رواسب عضوية مثل الأحجار الطفلية .

٣ - صخور متحركة : وهى فى الأصل صخور نارية أو رسوبية تحولت بفعل الضغط والحرارة الشديدة إلى صخور جديدة تختلف عن الصخور الأصلية مثل الإردواز (فى الأصل حجر طينى) .

ثالثاً : خواص الأحجار الطبيعية :

يجب أن تعمل الاختبارات المعملية على الأحجار التى تستخدم فى المنشأ وتحدد أنواعها طبقاً لنوعية المبنى الذى سيستخدم فيه هذه الأحجار مثل :

(أ) المظهر الطبيعى للحجر : نسيج الحجر .

يتوقف مظهر الحجر على تكوين حبيباته كالحجم والانتظام والاندماج ، فهى إما متبلورة كالجرانيت والرخام ويمكن ملاحظة البلورة بالعين المجردة وبسهولة أو طبقية مثل الحجر الرملى .

(ب) الصلابة :

تتوقف صلابة الأحجار على صلابة مكوناتها المعدنية وأنواعها فمثلاً :

الطباشير والتلك يخدش بسهولة بالأظافر .

الجبس ، الملح الصخرى يخدش بالأظافر .

الكالسيت يخدش بالمطواة .

الأباتيت يخدش بالمطواة تحت ضغط ولا يخدش بالزجاج.

الفلسبار لا يخدش بالمطواة ويخدش خدشاً خفيفاً بالزجاج.

الكوارتز لا تخدش بالمطواة وجميعها تخدش بالزجاج .

الكوارتز
النوباز
الكورندوم
الماس

لا تخدش بالمطواة وجميعها تخدش بالزجاج وجميعها تخدش النوع السابق لها.

(جـ) اللون :

كلما كان اللون منتظماً فى الحجر كان الحجر متجانساً ويتوقف اللون على الخواص الكيميائية والتكوين المعدنى للحجر (اللون البنى أو الأصفر) يدل على وجود شوائب من أكسيد الحديد .

- وأما الألوان : الرمادى والأزرق والأسود تكون نتيجة وجود مواد كربونية داخلة فى تكوين الأحجار . وعموماً - تتأثر ألوان الأحجار بعد استخراجها من المحجر بالعوامل والظروف المحيطة بها . كما أن الأحجار المستخرجة من منسوب أسفل منسوب مياه الرشح فلا يمكن ضمان ثبات ألوانها . وأكثر الأحجار ثباتاً فى اللون هى الأحجار الرملية الداخل فى تكوينها الأكاسيد المعدنية .

(د) الصقل وقابلية الحجر له :

تتوقف قابلية الحجر للصقل على درجة صلابة ونوع المعادن المكونة للحجر وتماسكها .

(هـ) الامتصاص (للمياه) :

الامتصاص هو قابلية الحجر لنفاذ المياه ويتوقف ذلك على درجة تماسك المسام ببعضها . وأجود أنواع الأحجار هى التى تقل فيها درجة امتصاص المياه . وبالتالى تجمد المياه داخل الأحجار ذات المسامية العالية والصقيع يؤدى إلى تفتت الأحجار المندمجة ، فمثلاً أحجار الجرانيت من الأحجار الأقل امتصاصاً للمياه وتكاد تكون منعدمة والرخام كذلك ، فى حين أن الحجر الرملى والحجر الجيرى المسامى والأحجار البركانية فهى أكثر قابلية لامتصاص المياه ، وعند تسرب المياه إلى داخل مسام الأحجار قد تذيب بعض الأملاح المعادن بها ويظهر واضحاً على وجه الحجر ويسمى بالتزهير .

(و) المقاومة للتهشم :

هو الاختبار الذى يجرى على الأحجار لمعرفة مدى مقاومة الحجر للضغوط وأكثر الأحجار مقاومة للضغوط هى الأحجار النارية ، وأهم العوامل التى تؤثر على هذه الخاصية هى درجة انبعاج الحبيبات المكونة للأحجار ودرجة جفاف الأحجار ، وعدم تعرضها للعوامل الطبيعية والجوية قبل استعمالها .

(ز) المقاومة للقص :

هذه الخاصية يجب أن تتوافر فى الأحجار المستعملة أعلى

الفتحات أو أسفلها كالأعتاب والجلسات والكوابيل والسلالم .

(ح) مرقد الحجر ومكسره :

لاستخراج الأحجار من المحاجر يراعى مرقد الحجر وهو الاتجاه الغالب لبلوراته ويسهل فصل هذه الأحجار على هيئة كتل فى هذا الاتجاه . أما الاتجاه العمودى على اتجاه المرقد فيسمى بمكسر الحجر ولذلك فالحجر الذى تكون واجهته موازية فمرقد الأحجار يمكن استغلاله إلى أقصى قدر .

(ط) المقاومة للصقيع :

كما سبق وتوضح أن الأحجار تختلف مقاومتها للظروف المحيطة بها سواء مياه أو صقيع - وبناء الأحجار على مرقدها الطبيعى (أى كوضعها الطبيعى فى المحجر) فإن ذلك يقلل من تأثير الصقيع عليها .

(ك) المقاومة للحريق :

الأحجار عموماً قليلة المقاومة للحريق وتتأثر بالنيران والتى تؤدى إلى تفتت الأحجار بسبب اختلاف معاملات تمدد مكوناتها ، وأكثر الأنواع تأثراً بالنيران هى الأحجار الجيرية سريعة التفتت بفعل النيران .

(ل) التمدد والانكماش :

الأحجار عامة تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة ولكن بدرجات متفاوتة . ويجب أخذ ذلك فى الاعتبار عند التصميم بعمل الفواصل اللازمة فى الحوائط والأسقف .

(م) المقاومة للبرى :

وهى تختلف عن المقاومة للتهشم والأحجار التى تختبر لمقاومة البرى هى المستخدمة فى الأرضيات والسلالم أو المعرضة للاحتكاك سواء بالمياه أو الرياح المحملة بالأتربة أو الرمال - وتتأثر الأحجار بالبرى بنسبة كبيرة إذا كان ذلك فى اتجاه مرقدها ومن الأحجار المقاومة للبرى البازلت ثم الجرانيت وأقلها الحجر الرملى والجيرى .

مقاسات الأحجار المستعملة فى البناء :

تتوقف نوعية الأحجار المستعملة ومقاساتها عادة على نوع الأحجار المتوافرة فى المحجر . فمثلاً الأحجار الضعيفة لا يزيد طولها عن ثلاثة أمثال ارتفاعها ، أما الأحجار الصلبة فيصل الطول إلى ستة أمثال ارتفاعها وعرض الحجر (المرقد) لا يقل عن ١٥سم ولا يزيد عن $\frac{٣}{٤}$ سمك الحائط فى حالة الاحتياج للعزل الصوتى والجوى .

طريقة البناء :

تتدرج أحجام الدبش المستعمل فى البناء من الأحجار الصغيرة التى يمكن تناولها باليد (مبانى الدبش المقلب) والأحجار المتوسطة (مبانى الدبش المروم) والأحجار الكبيرة (مبانى حجر منحوت) وتسمى الأحجار الكبيرة بأحجار الآلة (العجالى) ومقاساتها تتراوح بين ٠,٦٠ × ٠,٥٠ × ٠,٣٥ متر إلى ١,٦٠ × ٠,٥٠ × ٠,٤٠ متر وأبعادها منتظمة نوعاً ما ، أما الكتل المتوسطة فتسمى بالدستور ومقاساتها تتراوح بين ١,٠ × ٠,٥٠ × ٠,٥٠ متر إلى ٠,٦٠ × ٠,٣٠ × ٠,٣٠ متر وأبعادها أكثر انتظاماً . أما الثلاثات فمقاساتها بين ٠,٦٠ × ٠,٢٠ × ٠,٢٠ متر إلى ٠,٤٠ × ٠,٢٠ × ٠,٢٠ متر والبناء بالدبش المروم فمقاساته ٠,٦٠ × ٠,٣٠ × ٠,٢٠ متر وتقطع غشيمة والأحجار الحلوانى تقل أبعادها عن الروم وتستعمل أحجاره لحشو ظهر الحائط أو قلبه ويكون وجهه منحوتاً والفرش عبارة عن قطع أحجار قليلة السمك تستخدم فى ضبط ارتفاع المداميك فى المبانى ذات التكلفة المتوسطة . ويوجد أيضاً الدقشوم ومقاساته فى المتوسط ٣-٥ سم ويستخدم فى الدكات الخرسانية فى الأرضيات والتبليطات .

كيفية استخراج الأحجار من المحجر :

مقاسات الأحجار المستخرجة من المحجر تتوقف على الطريقة المستخدمة فى المحجر لاستخراج هذه الأحجار ويكون ذلك إما بالتفجير العادى وهذا يعطى مقاسات متغيرة للدبش المروم أو بالأسافين أو بالنشر وتحصل بهذه الطريقة على كتل كبيرة من الأحجار أما التفجير الكهربائى فيمكن الحصول منه على كتل كبيرة من الأحجار ثم تقطيعها إلى المقاسات المطلوبة ، وبصفة عامة يجب أن تتم عمليات النحت أو التشكيل للأحجار عقب استخلاص كتل من المحجر مباشرة للارتفاع بالطراوة التى تتوفر فى الأحجار فى هذه المرحلة .

رابعاً : مكان وطريقة وضع الأحجار فى المبنى وطريقة ربطها :

مكان وضع الأحجار ورصها يتوقف على اعتبارات معمارية وإنشائية فيتم تحديد حجم هذه الأحجار آخذين فى الاعتبار العوامل الجوية التى سيتعرض لها المنشأ والأحمال وربط المبانى فى الطبانات والكرانيش والجلسات والنواصى والأكتاف والأعتاب والأعمدة والأساسات وكذلك تأثير العوامل الأخرى مثل البرى والاحتكاك فى الدرج والبلاطات والتبليطات وتربط الأحجار ببعضها بواسطة اللحامات سواء العادية أو التعشيقات بين الأحجار أو باستخدام المثبتات الجيرية أو الأسمنتية والمعدنية أو الرصاص المصبوب ، والهدف من ذلك هو تثبيت الأحجار المتجاورة ومنع تحركها وحفظ توازنها كما هو الحال فى الكرانيش ومن أنواع اللحامات المذكورة :

١ - اللحامات العادية (رأسية وأفقية) ومنها ما هو ذو شكل خاص مثل الوصلة المستعملة فى ظهر الكرانيش لمنع

تسرب المياه ومن خلال اللحامات إلى داخل أجزاء البناء .

٢ – تخليق عاشق ومعشوق بين الأحجار (اللحام المفصوم والتزرير) وهى المستخدمة فى البسطات وصنع العقود المستوية .

٣ – اللحامات المملوءة بالمونة أو الرصاص وتستخدم فى ربط نهايات الأحجار الدستور المتجاورة والكرانيش تربط بعضها من جانب الحجر بصب لبانى الأسمنت أو الرصاص المصهور من أعلى فى مجار تنقر فى الحجرين المتجاورين (المتلاصقين) .

٤ – الخوابير وفيها يعشق الحجر الذى يعلوه ويكون الخابور من معدن لا يصدأ كالبرونز أو من الحجر الصلب كالإردواز وقطاع الخابور إما مربع أو مستدير أو مستطيل والهدف من استعمال الخابور هو منع الحجر من الحركة ويستعمل فى أحجار الصارى الذى يتوسط فتحتين كى يعمل ككتلة واحدة وأحجار الأعمدة وتكنة الكرانيش والسلالم الحجرية المستديرة .

٥ – باستعمال الكلابات وتستخدم فى الأماكن التى تتعرض للشد طولياً كالطلسانات الأفقية والمائلة وتكون من معدن لا يصدأ كالبرونز على شكل خوص ومقاسها بعرض ٢–٥ سم وطولها من ٩–١٨ سم وسمكها من ٦–١٥ مم والجزء المثنى والذى يثبت فى الحجر يتراوح بين ٤ سم/١٢ سم وتشحط الكلابة ثم يصب عليها القار أو مونة أسمنتية والكلابات تكون من الحجر الصلب كالإرداوز وبشكل ذيل اليمامة مزدوج ولكنها ليست بقوة المعدنية وتثبت الأعمال المعدنية فى الأحجار (مثل الدرابزينات للسلالم) بالرصاص المنصهر والمصبوب فى تجويف ينقر فى الأحجار على هيئة مخروط ناقص ويغطى مكان الرصاص الظاهر بوردة معدنية .

ملحوظة :

يشترط فى أحجار الحوائط الرابطة عموماً أن يكون ارتفاعها حوالى $\frac{٢}{٣}$ طولها ولا يقل عرض مرقدها عن $\frac{٢}{٣}$ سمك (عرض الحائط) .

الوقاية من الأمطار والرطوبة :

المواد المستخدمة فى العزل : الرصاص– النحاس– الزنك– الألومنيوم والخيش المقطرن والبيتومين الساخن وتستعمل طريقة الدسرة عند وصلها .

وتنفذ مياه الأمطار فى الحوائط الخارجية إما عن طريق الأحجار ذاتها وطبيعتها أو المونة الملاصقة أو عن طريق الشروخ بالحوائط– ويمكن زيادة مقاومة هذه الحوائط لامتصاص المياه ببياضها أو دهانها بمواد مانعة لنفاذ المياه . والحوائط المبنية بالدبش المقلب أقل الأنواع مقاومة لنفاذ المياه ... أما الحوائط المفرغة (المزدوجة) فتعتبر ذات عزل أفضل .

العزل الصوتى فى المبانى الحجرية :

يمكن اعتبار الحوائط المصمته سواء الخارجية أو القواطيع المبنية بالحجر عازلة للصوت بسبب سمكها وكلما زاد سمك الحائط زاد عزلة للصوت كما يمكن بناء الحائط مزدوجاً وهذه الطريقة تزيد من قدرة الحائط على العزل الصوتى . أما الفتحات الموجودة فى الحوائط ذات حجم أحجار صغيرة يجب مراعاة عزل الصوت سواء باستعمال عازلات الصوت أو بنائه مزدوجاً .

الإجهادات التى يتعرض لها المنشأ الحجر وأسبابها :

تتعرض الحوائط المصمته سواء الخارجية أو القواطيع المبنية بالحجر لعوامل عدة :

(أ) التمدد والانكماش :

وينتج ذلك بفعل تغير نسبة الرطوبة ويحدث ذلك بدرجة غير محسوسة فى الأحجار الجيرية والنارية بينما الرملية فتتأثر بدرجة ضئيلة ولكنها لا تؤثر على سلامة المبنى وقد تحدث بعض التنميلات عند نهاية الجلسات والأعتاب المبنية بالحجر الرملى والمثبتة فى مبانى طوب وذلك لاختلاف درجة تمددها .

(ب) التمدد الحرارى :

ويحدث ذلك نتيجة تعرض المنشأ لدرجات حرارة عالية ومعامل التمدد للأحجار صغيرة جداً إذ يتراوح من ٢,٧ إلى ١٦,٢ جزء من المليون لكل درجة حرارة مئوية ولذلك يراعى عمل فواصل تمدد فى حالة زيادة طول المبنى عن ٣٠ متر لتفادي الإجهادات التى تنتج نتيجة لذلك ومن نتائجها تفتت أو تقشر الأحجار عند حروفها وقد تصل إلى إزاحة الأحجار على مرقدها وفى بعض الأحيان تصل الحالة إلى حدوث تصدع فى الحائط . وكلما زاد طول الحائط ظهرت هذه الحالات بصورة أوضح كما تظهر أيضاً عند الفتحات وفى الحوائط القليلة الفتحات تظهر بشكل أوضح من تلك التى تحدث فى الحوائط الصغيرة أو متعددة الفتحات ويمكن تلافى ذلك بتقوية الأماكن التى ينتظر حدوث شروخ بها مع الإكثار من فواصل التمدد .

الفصل الثالث

أسباب انهيار المبانى بالطوب أو الحجر

تمثل مشكلة شروخ المبانى عاملاً هاماً خاصة فى المبانى المقامة بنظام الحوائط الحاملة التى تقام بدون أعمدة خرسانية مسلحة ويكون فى هذه الحالة السقف إما أن يكون من خرسانة مسلحة أو خشب أو حديد ونظام المبانى القديمة إما أن تكون المبنية من الطوب أو الحجر أكثر عرضة للانهيار لأنها أقدم عمراً من المبانى ذات الهيكل الخرسانى ولو أنه بعض المبانى القديمة التى تزيد عمرها عن مائة عام لازالت متماسكة وتتوقف حالة المبنى على

خصائص الطوب فمنها الذى يتمدد بزيادة محتوى الرطوبة والتقلص عند نقصه وكذلك المونة التى تم البناء بها وذلك للأسباب الآتية :

١) الطوب الأسمنتى يُعتبر الانكماش عند الجفاف من أهم عوامل التغير الحجمى .

٢) الطوب الأحمر أو الطفلى عندما يزيد محتوى الرطوبة يحدث التمدد ولكن عندما يتبع ذلك نقص فى الرطوبة لا يحدث العكس .

٣) المونة التى يتم بها البناء فتؤثر على تماسك الطوبة لتكوين الحائط ويتوقف على امتصاص الطوبة للمونة ونسبة الأسمنت فى المونة وهل تم التخويض جيداً عند البناء أم لا ثم تشبع الطوبة بالماء قبل البناء بحيث لا تتأثر المونة وتجف بسرعة نتيجة عدم تشبع الطوبة قبل البناء .

٤) ضعف المبانى بالطوب لمقاومة الشد وكذلك لو كان هناك تحرك فى التربة تحت الأساس ولو كان ضعيفاً بسبب الشروخ وخاصة إذا كان تحركاً محدباً لأسفل أو هبوطاً طرفياً المبنى بالنسبة لوسط أو هبوط الأرضية أو انتفاش التربة فى الوسط بالنسبة للأطراف .



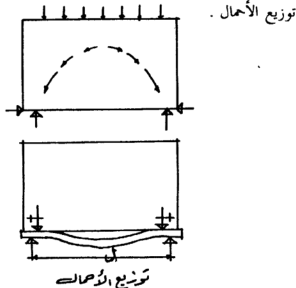
٥) تمدد الطوب المؤسس على أساسات خرسانية معرضة للانكماش لأنها فوق سطح الأرض وتضع الحائط قيداً على حركة الأساسات وبالتالى تضع الأساسات قيداً على حركة الحائط هذا بالإضافة إلى تجمد المياه الداخلة فى المونة وذلك يسبب شروخاً بهما وبالتالى تأثر المبنى بتجمد الأساسات .



٦) تقوس البلاطات الخرسانية المرتكزة على المبانى يسبب شروخاً وذلك نتيجة انتفاش التربة أو تجمد المياه أو وجود أملاح وكبريتات أو انكماش فى الحوائط العليا أو تأثر المبنى لوجود مياه جوفية كبريتية .



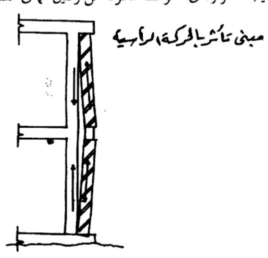
٧) فى المبانى متعددة الطوابق يتقلص ارتفاع الإطارات الخرسانية تحت تأثير الأحمال يؤدى إلى انحناء شروخ حوائط الطوب الخارجية المثبتة داخلها وذلك فى حالة إذا تم بناؤها فى مرحلة مبكرة قبل استكمال الأحمال الميتة والرسم التالى يبين توزيع الأحمال .



أسباب الشروخ الرأسية فى الحوائط الحاملة وعلاجها :

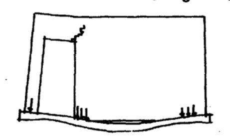
vertical cracks

١ – الشروخ الرأسية تحدث غالباً نتيجة اختلاف الأحمال والإجهادات بين جزئين فى المبنى الواحد أو عند عمل امتداد لمنشأ قديم أى تحدث هذه الشروخ فى المبانى ذات الأحمال المختلفة وتحدث شروخ رأسية فى الأركان وذلك بسبب الحركة نتيجة الحرارة فى الحوائط المكونة من رقتين كما فى الشكل التالى :



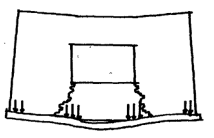
٢ – الهبوط المحدب hogging ينتج عنه شروخ فى أعلى المبانى بالطوب المفتوحة من أعلى عند وجود كمرات رابطة أعلى الحوائط .

٣ – فى الحوائط الستائرية تحصل الشروخ الرأسية عند ترخيم الأسقف كما فى الشكل التالى :



الحوائط الستائرية - تأثير ترخيم الأسقف

٤ – نتيجة ترخيم الكمرات يحصل الشروخ الرأسية أو على زاوية ٥٤٥ عند الجلسات والأعتاب كما فى الشكل التالى :



تكوين الشروخ عند الجلسات والأعتاب

٥ – وتظهر شروخ فاصلة بين الحوائط المتعامدة على بعضها وتظهر هذه الشروخ نتيجة فصل الحائط الواحد إلى عدة أجزاء وخاصة إذا كان هذا الحائط عمودياً وفى اتجاه الزلزال علما بأن الشرخ الرأسى الذى يزيد اتساعه عن ١ سم يعتبر خطيراً إنشائياً ، ويتم العلاج بالطريقة الآتية :

١) الشروخ فى حدود ٣ مم تعتبر رفيعة لدرجة لا تؤثر على قدرة الحائط على حمل الأحمال الرأسية ويمكن إصلاحها بفتح الشروخ وتنظيفها من الفتات ثم ملئه بمونة لاتنكمش لا تقل مقاومتها للضغط عن ٤٥–٥٥ كجم : سم٢.

٢) الشروخ أعرض من ٣مم يتم حقنها بمونة الأسمنت والرمل المحسنة بالإضافات التى تزيد تماسكها مع الحجر ويقلل انكماشها .

٣) الشروخ من ٥مم : ١٠مم لا تصلح عملية الحقن وتتم علاج هذه الشروخ بتزرير قوالب طوب أفقية عمودية على الشرخ ويتم تقفيلها بمونة مع الإضافات أو يتم ذلك بفتح شنايش أفقية وتوضع أسياخ تسليح بعدد وأقطار مناسبة ثم يتم ملء الشنايش بالمونة ويمكن استخدام التزرير بكلبسات من الصلب .

أسباب الشروخ الأفقية فى الحوائط الحاملة وعلاجها

تحدث هذه الشروخ لعدة أسباب منها :

١) تحدث هذه الشروخ نتيجة انتفاخ الحائط أى حدوث حركة خارجية المستوى وهذه عادة تكون خطرة أو تأثير المبنى بالحركة الأفقية لأى سبب من الأسباب .

مبنى تأثر بالحركة الأفقية

٢) عدم تطبيق المواصفات وعدم اتباع أصول الصناعة من حيث رص الطوب آدية وشناوى أو عدم الاهتمام بالمونة أو استخدام طوب غير متساوى أو بإجهادات كسر ضعيفة .

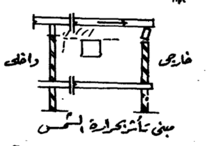
٣) شروخ فى الأرضيات تفصلها عن أكتافها بالحوائط وتعتبر خطيرة لأنها قد تتسبب فى سقوط السقف الخرسانى .

٤) تمدد الحوائط الممتدة فى نفس الاتجاه مما يسبب شروخاً عند التقاء الحوائط المتعامدة معها فى المسقط الأفقى .

٥) شروخ فى أكتاف المبانى نتيجة إجهادات القص وتعتبر شروخ خطيرة لأنها تقلل من كفاءة الكتف فى حمل الأسقف عليه .

٦) تصدعات السلالم حيث إن درج السلم الباذنجانة المحمل كابولى على الحائط ويعتمد متانة السلم على اساس التثبيت الجيد فى الحائط وهذه الشروخ تكون نتيجة هبوط طرف درج السلم نتيجة صدأ الحديد أو ضعف تثبيته مع الزمن وهذه الأسباب تؤدى إلى ترخيم الدرجة وتنشأ الشروخ الأفقية عند التقاء القلبة ببسطة الدور أو الصدفة ما بين الدورين .

٧) شروخ نتيجة تمدد الحرارة وذلك نتيجة حرارة الشمس وعدم وجود طبقة عازلة للحرارة أو الرطوبة فوق الأسقف .



ويتم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

(١) بخصوص الحوائط الحاملة للسلم الباذنجانة فيتم علاج هذه الشروخ بتوسعة بعمق وعرض مناسبين ثم إتمام النظافة ويستحسن حقن هذه الحوائط ولا يكفى تزريرها وملئها بالمونة أما درجات السلم فى حالة تفككها من الحوائط فيمكن عمل أعمدة حديدية فى فانوس السلم لحمل السلم عليها عن طريق

كمرات وكوابيل حديدية .

(٢) أما الشروخ الانفصالية بين السقف والحوائط التي لا يصاحبها انفصال فى كمرات السقف فيجب الاطمئنان أولاً على أماكن ارتكاز هذه الكمرات وسلامتها من التآكل مع الزمن ثم يتم ملء الفواصل بالمونة الأسمنتية العادية أما بخصوص إصلاح انفصال الأرضيات عن الحوائط فيمكن فكها وإعادة تركيبها لأنها مرتكزة ارتكازاً بسيطاً على الحوائط ويلزم عمل مخدة من مونة قوية أسفل كمرات السقف وتكون هذه المخدة من الخشب أو الحديد لترتكز عليها الكمرة .

أسباب الشروخ المائلة فى الحوائط وعلاجها :

Diagonal crachs

الشروخ المائلة فى هذه الحالة تكون من أخطر أنواع الشروخ وتكون نتيجة اختلاف إجهادات التحميل على أجزاء التربة أو حدوث هبوط غير مكافىء **differntial settlement** .

ويتم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

١) يتم توسعة الشروخ بعمق وعرض مناسبين ثم تتم النظافة الكاملة بالضاغط الهوائى ثم يتم عمل تزرير بقوالب الطوب وبمونة غير منكمشة .

٢) ويمكن إتمام التكسير وفتح الشروخ بعرض وعمق مناسبين والنظافة ثم يتم عمل الترميم بملء الشروخ بمونة إيبوكسية مناسبة .

٣) ويمكن عمل شنايش عمودية على الشرخ بمقاسات مناسبة ثم التنظيف الجيد ثم وضع أسياخ حديد بأعداد وأقطار مناسبة ثم ملء الشنايش بمونة غير منكمشة .

٤) إذا كان الهبوط الغير منتظم تسبب فى انغلاق الحوائط والشروخ الأفقية وصاحبها انبعاج فى الحوائط أو حركة فيجب صلب السقف وإزالة الحائط المنتهك وإعادة بنائه من جديد .

٥) إذا كانت الشروخ المائلة فى جميع الأدوار حتى الدور الأرضى والأساسات فإنه يجب إخلاء المبنى فوراً وعمل الكشف على الأساسات وذلك بعد صلب المبنى صلباً جيداً وعمل تدعيم للأساسات ثم علاج كل شرخ حسب حالته .

علاج شروخ فى المنشآت الهيكلية :

قد يحدث تلفاً بالمبانى نتيجة للصدمات أو الاهتزازات أو المياه المتسربة وتحدث بها شروخاً أو تصدعاً أو أنبعاجاً مما يستدعى سرعه الترميم والإصلاح ، ويجب عند الترميم المحافظة على الأعمال القائمة ويشتمل الترميم على إزالة أو فك أو هدم الأجزاء التالفة وإعادة بنائها بنفس النوع والشكل وطريقة الإنشاء وأن تكون المواد المستعملة فى الترميم من نفس المواد الأصلية وبنفس الخصائص ، والأبعاد والشروخ فى المنشآت الهيكلية من أشهر أنواع الشروخ وهى تحدث بين الكمرات الخرسانية والمبانى أو بين أى أجزاء خرسانية والمبانى المجاورة لها أو بين الأعمدة والمبانى .

تكون هذه الشروخ واضحة فى الواجهات القبلية وفى الأدوار العليا وتحت الكمرات التى بآخر دور وذلك بسبب تمدد الحرارة والانكماش الذى يتعرض له السقف الأخير وذلك عند عدم العناية بالعزل الحرارى وتحدث هذه نتيجة عدة عوامل منها :-

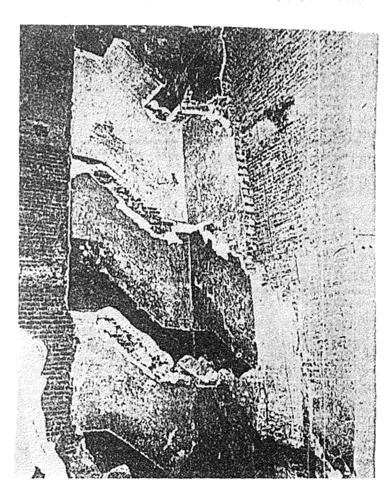
١) بخلاف تعرض المنشأ للحرارة مع اختلاف معامل التمدد الحرارى للخرسانة والطوب يصبح سوء المصنعية والتنفيذ عند التقاء المبانى بالأعمدة مثل عدم وجود أشاير من أسياخ قطر ١٣م خارجة من الأعمدة لربط المبانى بالعامود وعدم العناية بوضع المونة الجيدة وملئها بين العامود والمبانى بالمونة المناسبة .

٢) تحدث الشروخ بين الكمرات والطوب وذلك بسبب عدم التشحيط الجيد ولعلاج هذا يجب البناء قبل صب السقف وهذا أجود أنواع الربط بين الخرسانة والطوب وإذا قدر وتم البناء بعد صب السقف فيجب التشحيط الجيد بخلاف وضع خوابير من الخشب توضع بين الطوب والكمرة مع ملو العرموس الآخر بالمونة الجيدة ولا يزيد سمكه عن العراميس التى بباقى الحائط .

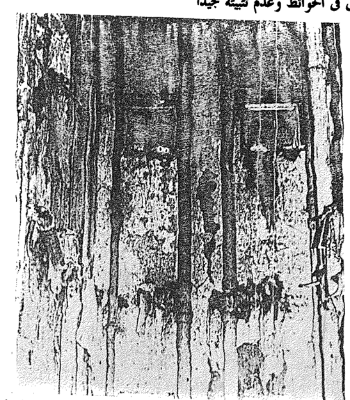
ويتم علاج هذه الشروخ بالطريقة الآتية :

١) يتم توسعة الشروخ وتكسير الأجزاء الضعيفة ثم النظافة التامة بالضاغط الهوائى ثم دهان وجه برايمر إيبوكسى ثم ملء الشروخ بالمونة الإيبوكسية وذلك فى حالة الرغبة فى علاج هذه الشروخ بالمواد الإيبوكسية .

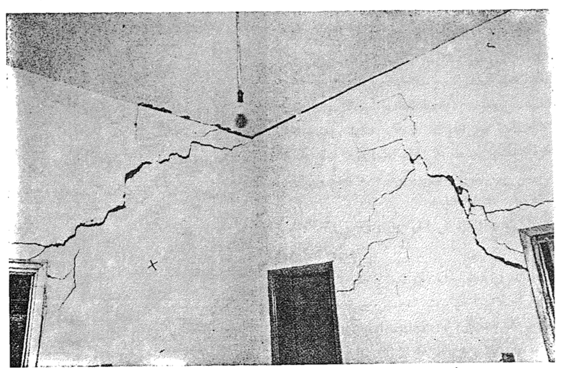
٢) فى حالة الترميم بالمونة الغير منكمشة يتم فتح هذه الشروخ وإزالة تكسير جميع المناطق الضعيفة ثم التنظيف بالضاغط الهوائى ثم الطرطشة بالمونة المضاف إليها المواد البولمرية الرابطة **bonding agente** ثم الملو بالمونة مع التأكد من وصول هذه المونة إلى عمق الشروخ .



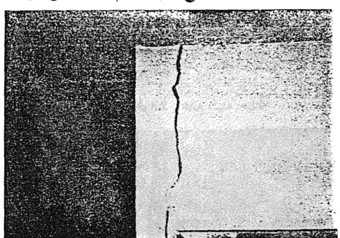
انهيار سلم باذنجانة بسبب عدم دخول الدرج بالقدرالكافى فى الحوائط وعدم تثبيته جيداً



شروخ وتصدعات بسبب الإهمال الناشىء عن سوء مصنعية الأعمال الصحية



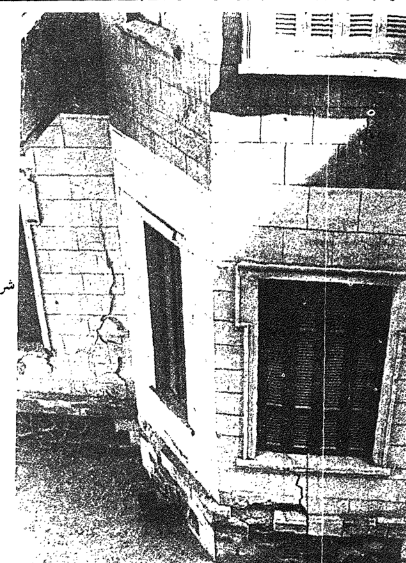
شروخ على زاوية ٤٥° داخلية بالحجرة بسبب انتفاخ التربة المقام عليها المبنى من الطوب



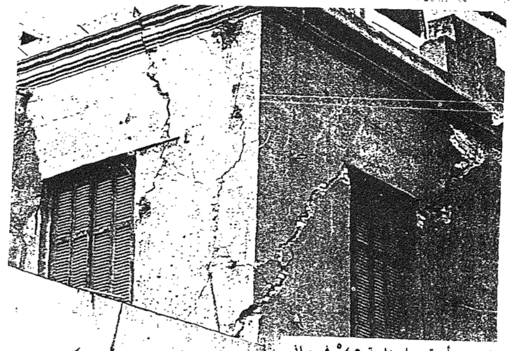
شرخ رأس خارجى فى مبنى من الطوب مكون من دور واحد بسبب الهبوط الغير متوازن فى التربة



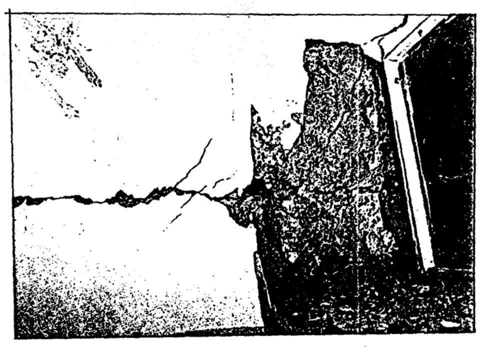
شرخ أفقى داخل الحجرة فى مبنى من الطوب أسفل الكمرة المسلحة بسبب عدم التشحيط الجيد بين الكمرة والمبانى



شروخ رأسية بارتفاع الحائط وفوق الأعتاب فى مبنى من الدبش بسبب الزلزال



شروخ رأسية وعلى زاوية ٤٥° فى مبانى من الطوب بسبب الزلزال



شروخ فى الأعضاء الإنشائية بسبب الهبوط الغير متوازن فى التربة

الفصل الرابع

معايير المعاينات لمعرفة أسباب الانهيارات

سبق فى الفصل الثانى من الباب الثالث تحت عنوان زيارة الموقع وتنقسم إلى ثلاثة أقسام .

أ - دراسة إجمالية عن المبنى .

ب - فحص المبنى من الخارج .

جـ - فحص المبنى من الداخل .

وقد انصبت هذه الدراسة على مبنى واحد يمكن زيارته ونظراً لما استجد بالباب الثامن أعمال البناء وضمن هذا الباب بالفصل الثانى الإنشاء بالدبش وشروطه ، ويتلخص هذا الفصل لوضع مواصفات دقيقة لطريقة البناء وأسماء القطع الحجرية المكونة للحائط وأنواع الدبش الذى يصلح فى المبانى ، ولكن وجد عند تنفيذ المبانى بالدبش عدم الارتباط بهذه المواصفات ويتم البناء بطريقة تبعد كل البعد عن هذه المواصفات ، وكأن المواصفات فى واد وتنفيذ البناء بالدبش فى واد آخر وذلك للسبب التالى .

- فى سنة ١٩٨١ تم بناء عدة مجاورات بمدينة ١٥ مايو بعدة شركات من القطاع العام وتتكون هذه العمارات من دور أرضى وثلاثة أدوار متكررة والمبانى مصممة على أساس حوائط حاملة من الدبش والأساسات عبارة عن قواعد شريطية مستمرة تحت الحوائط الحاملة والأسقف من الخرسانة المسلحة ولكن هذه الشركات لم تلتزم بالمواصفات الفنية وأصول الصناعة لا بالنسبة لأعمال المبانى بالدبش ولا بالنسبة لأعمال الخرسانات المسلحة وهذه الأعمال مجتمعة تلاحظ بها تجاوزات غير مسموح بها ، وعلى هذا الأساس قد انهارت بعض العمارات وقد تحركت هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة وكتبت إلى الشركات المنفذة وقامت كل شركة بانتداب بعض الأساتذة الاستشاريين وهؤلاء الأساتذة قاموا بعمل المعاينة وكتابة التقرير عن الأشياء المعيبة وطريقة العلاج وعندما وصل هذا التقرير إلى هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة ودراسته فقد كلفت من جانبها أحد الأساتذة الاستشاريين بعمل معاينة أخرى للتأكد من سلامة التقرير المرسل من الشركات وفعلاً قام هذا الأستاذ الاستشارى بعمل تقرير آخر يعتبر مكملاً للتقرير الأول وزيادة بعض الملاحظات الهامة التى أغفلها التقرير الأول وللأمانة فى القول كان كلا من استشارى الشركة واستشارى الهيئة يكتبون بكل إخلاص وأمانة وإن كان هناك بعض الأختلافات فى الرأى وكان لكل منهما وجهة نظره ، ولكن التقارير كانت وافية تبين الأسلوب العلمى لمعايير المعاينات لمعرفة أسلوب المعالجة بدقة وأمانة .

- وقمت بمهاجمة هذه الشركات بشدة فى الجمعيات العمومية وأخذت هذه المهاجمة مكاتبات والأخذ والرد لا داعى لذكرها ولكن بآخر المطاف أراد الله أن أكون مشرفاً على بعض هذه المبانى فى تنفيذ طريقة العلاج وإصلاحها بأحد هذه المجاورات .

- فى زلزال ١٢ أكتوبر سنة ١٩٩٢ قام مهندس الأحياء وبعض الاستشاريين بعمل تقرير عن الحالات التى تصدعت

ولكن لم تكن هذه التقارير وافية فرأيت من واجبى ما دمت تعرضت بالفصل الثانى من هذا الباب وهو البناء بالدبش أن أعرض هذه التقارير ، و لم أذكر أسماء الشركات التى قامت بهذا العمل المشين ويجب دراسة هذه التقارير لثلاثة أسباب وهى : –

الأول : دراسة الطريقة التى تم بها أسلوب المعاينة ومدى دقتها وتوضيح كل صغيرة وكبيرة فى موقع واسع مثل هذه المجاورات .

الثانى : هذه الدراسة تمت فى مواقع واسعة ، والمبانى متناثرة وكل مبنى له ظروفه فى تنفيذه وتصميمه وطريقة الربط بين هذه المبانى فى تقرير واحد .

الثالث : طريقة العلاج التى أبديت لهذه المبانى وكل مبنى مستقل بنفسه وما يجمعها إجمالاً وسنقوم بسرد هذه التقارير كما هى بدون تحريف أو إخلال مع عدم نشر اسم الشركة أو أسماء الأساتذة .

التقرير الأول الصادر من الأساتذة الدكاترة الاستشاريين إلى الشركة المنفذة وهو كالتالى .

عملية إنشاء عمارات سكنية بالمجاورة رقم ٩
مقاولة شركة

أولاً : المقدمة :

هذا التقرير مقدم بناءًا على طلب شركة من أجل دراسة سلامة المنشآت التى قامت بها الشركة بالمدينة .

ثانياً : المعاينة :

تمت زيارة الموقع أكثر من مرة لعمل المعاينات اللازمة كما تم الاطلاع على الرسومات المعمارية والإنشائية والتى قدمت بمعرفة شركة وكذا تقرير أبحاث التربة والأساسات .

ثالثاً : توصيف المبانى :

- العمارات تتكون من دور أرضى وثلاثة أدوار متكررة .
- تصميم المبانى على أساس حوائط حاملة من الدبش .
- الأساسات عبارة عن قواعد شريطية مستمرة تحت الحوائط الحاملة .
- ما تم تنفيذه حتى الآن هو كما يلى .

عدد

٢٣ عمارة على وشك التسليم الابتدائى .

١٠ عمارات لم يستكمل إنشائها بعد .

٢٣ عمارة تم لبعضها حفر الأساسات وأخرى لم يبدأ العمل بها .

رابعاً : ملاحظات عامة :

١ – الرسومات :

يتضح من دراسة الرسومات التى تم الاطلاع عليها ما يلى :

١ – هناك بعض التحفظات على بعض الاعتبارات الإنشائية خصوصاً إذا ما روعى عدم سهولة الحصول على العمالة الفنية بالمستوى اللازم لتنفيذ مثل هذه المبانى الحاملة .

ب – الرسومات ينقصها بعض التفاصيل لضمان دقة التنفيذ .

جـ – يوجد بعض الاختلافات فى أشكال التسليح المبينة على المساقط الأفقية والقطاعات وكذا بعض الملاحظات عليها .

٢ – التنفيذ :

أ – مبانى الدبش :

١ – تم بناء الحوائط بالدبش على طريقة الدبش المروم ولم يراعى بصفة عامة أصول الصناعة فى العديد من المواقع حيث استعملت قطع صغيرة من الدبش ولم يملأ بينه بالمونة جيداً مما نتج عنه العديد من الفراغات ومن ثم عدم تماسك تلك القطع خصوصاً مع صغر حجمها عن الحد المطلوب .

٢ – عدم محورية الحوائط الحاملة مع الأساسات أو القواعد الشريطية المستمرة فى بعض العمارات .

ب – أعمال الخرسانة المسلحة :

١ – توجد بعض العيوب ناتجة عن سوء أعمال المصنعيات للخرسانة المسلحة من حيث عدم استقامة أو أفقية الكمرات والبلاطات ببعض الغرف والبلكونات ، وكذا دروة البلكونات وقد نتج عن ذلك إما زيادة السمك لعلاج الميول ومن ثم الأوزان أو نقص فى سمك البلاطة فى بعض المواقع .

٢ – توجد بعض العيوب فى أعمال الخرسانة المسلحة لبلاطات الأسقف مما نتج عنه وجود بعض الشروخ فى هذه البلاطات وبعض من هذه الشروخ نافذة والبعض الآخر نتيجة فقر الخلطة الخرسانية أو عدم خلطها جيداً أو حدوث انفصال حبيبى أثناء الصب مع عدم وجود غطاء خرسانى كاف لحديد التسليح فى بعض الأماكن .

٣ – تنفيذ السلالم الخرسانى فى عدد من الوحدات غير مرضى حيث توجد بعض الميول غير الصحيحة وكذلك الكثير من العيوب فى الاتصال بين القلبات والبسطة أو كمر الفخد الموجود بالحوائط .

٤ – بعض البلكونات الخرسانية خصوصاً فوق المدخل الرئيسى لبعض الوحدات التى لم يتم تشطيبها يحدث بها بعض الترخيم والاهتزازات الملحوظة عند تعريضها للتحميل خصوصاً مع وجود حركة عليها .

جـ - أعمال التشطيبات :

١ - يوجد فى بعض الأماكن بياض بسمك كبير نسبياً يصل أحياناً إلى حوالى ١٠ سم وذلك نتيجة لعدم استقامة الحائط .

٢ - تلاحظ وجود بعض التنميلات أو الشروخ فى أعمال البياض خصوصاً عند وصلات المبانى ببعضها .

٣ - وصلات الربط بين حوائط الطوب الأحمر أو أكتاف الطوب الأحمر أو المحاكيات منه مع مبانى الدبش غير مطابقة لأصول الصناعة مما ينتج عنه بعض العيوب فى أعمال البياض والتشطيبات .

خامساً : العلاج المقترح :

نقدم فيما يلى الخطوات الأولى من مراحل العلاج ويجرى الآن إعداد باقى المراحل والرسومات التفصيلية اللازمة لذلك وسيتم تقديمها مستقبلاً بإذن الله .

١ - من الملاحظ أن عمالة أعمال المبانى بالدبش ليست على مستوى الكاف لتوفير السلامة الإنشائية المطلوبة ، لذلك فإنه يجب استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بعمالة على القدر المطلوب من الكفاءة حسب أصول الصناعة ، وفى حالة إمكانية عدم الحصول على العمالة المطلوبة فإننا نقترح تغيير نظام الإنشاء بالحوائط الدبش الحاملة إلى أى نظام آخر وليكن بطريقة الهيكل الخرسانى التقليدى وذلك بالنسبة للعمارات التى لم يتم صب أى سقف خرسانى لها بعد والبالغ عددهم (٢٣) عمارة .

٢ - العمارات التى تمت بها أعمال المبانى بالدبش والخرسانات :

* عمل اختبار على عينات من الحوائط الدبش وذلك عن طريق حقنها بمونة خاصة ذات لدونة عالية مع قياس كمية المونة المحقونة وإذا قلت كمية المونة المطلوبة لملء الفراغات الموجودة بالحائط عن $\frac{1}{8}$ م^3 لكل م^3 من المبانى الدبش فإن الحائط الدبش يمكن اعتباره مقبولاً من الناحية الإنشائية .

٣ - ضرورة التأكد من سلامة الرباط بين الحوائط الدبش والحوائط بالطوب الأحمر عن طريق حقن الأركان .

٤ - ترميم الأسقف التى بها شروخ فى حدود ١ مم وذلك باستعمال مونة غير قابلة للانكماش مع تحميل الأسقف التى يزيد الشروخ بها عن ١ مم وذلك بعد ترميمها .

المهندس الاستشارى.	المهندس الاستشارى.	المهندس الاستشارى
ا.د	ا.د	ا.د ....

تحريراً فى ١٩٨١/٤/١

التقرير الثانى الصادر من الأستاذ الدكتور الاستشارى لهيئة المجتمعات العمرانية للرد على تقرير السادة استشارى الشركة

تقرير فنـى عن عملية إنشاء عمارات سكنية ومبانى خدمات فى مدينة ١٥ مايو بحلوان

بناء على طلب السيد المهندس / .... نائب رئيس هيئة المجتمعات الجديدة توجهت صباح يوم ٨١/٤/٦ مع أحد مهندسى مكتبنا برفقة سيادته إلى مدينة حلوان حيث انضم إلينا الأستاذ الدكتور استشارى ميكانيكا التربة وذهبنا جميعاً إلى المدينة لمعاينة عماراتها السكنية .

طلب منا معاينة **العمارات السكنية للمجاورة رقم ٩ مقاولة شركة** .... وقد علمنا أنها تتكون من ٥٦ عمارة مصممة على أن تتكون من دور أرضى وثلاثة أدوار علوية تبنى بالطريقة التقليدية ذات الحوائط الخارجية الحاملة من الدبش سمك ٥٠ سم فى الدور الأرضى ، ٤٠ سم فى الثلاثة أدوار العلوية بها قواطيع داخلية من الطوب سمك ١٢ سم . الأسقف والسلالم المسلحة ترتكز مباشرة على الحوائط الخارجية الحاملة وكمرات مسلحة تحت القواطيع ترتكز بدورها على الحوائط الخارجية .

وتنقسم العمارات السكنية لهذه المجاورة إلى ثلاث مجموعات كما يلى : -

أ - ٢٣ عمارة على وشك التسليم بعضها تم تشطيبه والبعض الآخر تحت التشطيب وهى تتكون من دور أرضى وثلاثة أدوار حسب التصميم .

ب - ١٠ عمارات تحت الإنشاء صدرت التعليمات ببنائها من دور أرضى ودورين علويين فقط نظراً لما ظهر من عيوب فى بعض العمارات التى تم إنشاؤها .

ج - ٢٣ عمارة بدىء فى حفر أساساتها .

نظراً لهبوب عاصفة رملية شديدة أثناء المعاينة فقد اكتفينا بمعاينة سريعة لبعض العمارات التى تحت الإنشاء وهى الوحدات ج - ٢ ، أ - ١١ ، د - ١٨ على أن نستأنف المعاينة بعد دراسة الرسومات والظروف المختلفة التى أحاطت بالعملية . وقد تبين لنا ما يلى : -

* **الحوائط الخارجية الحاملة قد بنيت بطريقة الدبش المروم وقد**

ظهر لنا جالياً أنه لم يراع فى إنشائها أصول الصناعة إذ أن وجهى الحائط الخارجيين قد بنيا بالدبش الطبيعى الغشيم الذى يتراوح سمكه بين ١٠ ، ١٥ سم وقد بنى حيثما اتفق ولذلك فإن كثيراً من الدبش فى هذه القشرة الرقيقة لم يبن على مرقده الطبيعى وقد ملئ الفراغ الأوسط من الحائط بكسر الدبش والطوب صغير الحجم والغير مسموح باستعماله ولم نلاحظ وجود أى مداميك رابطة فى كل ما عايناه وإنما تلاحظ لنا أن كمية المونة التى استعملت فى بناء هذه الحوائط وخصوصاً فى الجزء الأوسط كانت قليلة جداً .

❋ هذا وإن كانت بعض الأكتاف عند المداخل قد بنيت بحجر الدستور إلا أن هذه الأكتاف مثلها مثل القواطيع الداخلية من الطوب لم تعشق مع الحوائط الحاملة ولكنها منفصلة عنها فى كامل ارتفاع الدور .

❋ ليس هذا فحسب إذ أن التجاوز عن أصول الصناعة قد تناول التخطيط واستقامة الحوائط أفقيًّا ورأسيًّا فبعض الميد الحاملة للحوائط الرئيسية لم تنفذ جوانبها رأسية مما ترتب عليه عدم انطباق محور الحائط على محور الميد التى تحملها .

❋ موقع المدينة صخرى ولذلك فإن الحوائط الخارجية لهذه المبانى مؤسسة على شرائح مستمرة من الخرسانة العادية ترتكز مباشرة على الصخر تعلوها ميدة مستمرة من الخرسانة المسلحة . وترتكز القواطيع على كمرات مسلحة محمولة على الميد الرئيسية للحوائط الخارجية وتمثل ظروف هذا الموقع أحسن الظروف الملائمة للتأسيس .

❋ نظراً لما سبق من عيوب جسيمة فقد ظهرت شروخ فى بعض الحوائط الدبش عند سطح الأرض (نموذج أ - ١١ مثلاً) كما لاحظنا وجود شرخ قطرى من الداخل فى أحد حوائط نفس النموذج رغم صلابة طبقة الأساس .

❋ بمعاينة إحدى الوحدات التى تم بيانها لاحظنا أن سمك البياض يصل فى بعض الأماكن إلى أكثر من ١٠ سم ورغم ذلك لم يكن السطح الداخلى مستوياً وبه فروق رأسية فى بعض الأحيان وأفقية فى بعضها الآخر يصل إلى بضعة سنتيمترات كما كانت أركان بعض الحجرات غير رأسية وفى بعضها شروخ رأسية نتيجة لعدم تعشيق المبانى فى الأركان كما لاحظنا وجود شروخ متسعة فى بياض سقف إحدى الوحدات (د - ١٨) .

لم تكن **أعمال الخرسانة المسلحة** للمبانى التى عاينّاها من سلالم وأسقف وكمرات وبلكونات ودراوى وميد وأعتاب .... إلى آخره أحسن حالاً من أعمال المبانى ، وقد لاحظنا فيها - هى الأخرى - **عدم الالتزام بأصول الصناعة** إذ إن بها جميع أنواع التجاوزات غير المسموحة سواء فى الخرسانة أو صلب التسليح .

❋ ففى الشدات لم تراع الدقة الواجبة فى استوائها أو الالتزام بتنفيذ جميع الوحدات حسب رسومات ملزمة تحوى تفاصيل كافية وأصول تجب مراعاتها .

❋ فقد لاحظنا أن الميد فوق الحوائط - عمق ٢٠ سم فقط وعرض يساوى عرض الحائط ناقص ١٠ سم لتتمشى مع الواجهات - موجودة فوق بعض الحوائط وغير موجودة فوق بعضها الآخر . وحتى لو كانت موجودة فإن أغلب حمل السقف منقول إلى الجزء الأوسط من الحوائط وهو أضعف جزء فيها إذ أنه كما سبق وبينا ملء بكسر الحجر والطوب ومونته قليلة .

❋ ولا يخفى أن وظيفة الميدة هى توزيع أحمال الأسقف والحوائط العلوية على الحوائط السفلية الحاملة وكلما كانت الحوائط ضعيفة - كالحالة التى نحن بصددها - وجب أن تكون الميد قوية وبها تسليح كاف ينفذ عند الأركان بالدقة الواجبة لتعمل كإطار أفقي يمنع الحوائط من أى حركة للخارج .

❋ عاينا بعد الكمرات الرئيسية الحاملة ذات العمق الكبير نسبياً فوجدناها توضع على الحوائط الحاملة مباشرة دون عمل مخدة تحتها ، صحيح أن هذه لم تظهر على الرسومات ولكن أصول الصناعة يقتضى عملها ، وكان على المقاول والسادة المشرفين تداركها .

❋ وجدنا بعض الدراوى المسلحة للبلكونات وارتفاعها يزيد على المتر بها ميل كبير ملحوظ ، كما لاحظنا اختلافاً كبيراً فى بروز جانبى بلكونة واحدة وترخيم بعض أركان هذه البلكونة بشكل ملحوظ وغير مقبول .

❋ بمعاينة إحدى البلكونات فوق المدخل وجدنا أنها تهتز عند الضرب البسيط على طرفها مما يدل على عدم كفاية جساءتها لسبب أو أكثر من الأسباب الآتية :-

ضعف الخرسانة أو قلة سمكها أو قلة تسليحها أو عدم وضعه فى مكانه الصحيح .

❋ كما لاحظنا أن بعض الأعتاب فوق الأبواب غير مستوية وبعضها خلو من التسليح .

❋ لم يراع فى بعض السلالم انتظام ميلها فى الاتجاه الطولى أو استوائها فى الاتجاه العرضى .

❋ **أما الخرسانة فلم تنفذ بالعناية الواجبة** فلا نعتقد أنه كانت هناك متابعة أو اختبارات دورية للجودة . فالظاهر لنا أنها **خرسانة ضعيفة وغير كثيفة وبها تعشيش كثير خصوصاً فى** السلالم حيث يظهر حديد التسليح السفلى خصوصاً بين القلبات المختلفة والبسطات الوسطى أو بلاطات الأدوار ويبدو من منظر الخرسانة فى أماكن التعشيش عدم كثافتها وعدم الاعتناء بدمكها ، كما لاحظنا أن التسليح السفلى للسلم والذى كان من

الواجب أن يستمر فيما بين البسطة وإحدى القلبات قد توقف فى هذا المكان الحرج .

* ظهرت شروخ فى بعض البلاطات موازية لحديد التسليح السفلى مما يدل على أن الغطاء الخرسانى غير كاف وأن الخرسانة مسامية ، ولذلك فإن حديد التسليح قد بدأ يصدأ ، كما ظهرت شروخ أخرى قطرية تبدأ من أركان السقف وهو دليل على ضعف الخرسانة أو قلة التسليح أو كليهما (عمارة ب١) .

* وكانت بلاطات بعض الأسقف ضعيفة بحيث إن سقوط دبشة على السقف أثناء التنفيذ قد خرقته (نموذج د - ١٨) .

* من أغرب ما لاحظناه فى بعض العمارات هو وجود آثار لشدة فى قاع بعض الميد فوق الحوائط الحاملة مما يدل على أنه عملت أكتاف فقط من الحوائط ثم شد قاع الميد بين هذه الأكتاف وصب السقف ثم استكمل بناء الحائط بين الأكتاف ، ويترتب على ذلك عدم ارتكاز السقف على كامل طول الحائط الحامل له .

عند انتهاء معاينتنا لبعض عمارات المجاورة ٩ توقفنا عند إحدى عمارات المجاورة ٨ مقاولة شركة .... وكانت تحت التشييد بالطريقة التقليدية وقد وجدنا مستوى التنفيذ مماثلاً لما شاهدناه فى المجاورة ٩ .

نظراً لهذه العيوب طلب الجهاز من مقاولى المجاورتين ٨، ٩ انتداب بعض المستشارين المختصين بأعمال الإنشاءات لمعاينة المجاورتين وتقرير حالتهما واقتراح وسيلة علاج المعيب منها لضمان سلامتها حفاظاً على سلامة الشاغلين لها فطلبت الاطلاع عليها إن أمكن .

استلمت رسومات العمارات السكنية للمجاورة رقم ٩ بعد معاينتنا يوم ٨١/٤/٦ كما وصلتنى رسومات المجاورة رقم ٨ وتقارير السادة مستشارى المجاورتين يوم ٨١/٤/٩ فبدأنا بدراسة رسومات وتقرير المجاورة ٩ التى عاينّا بعضاً من وحداتها .

بالاطلاع على التقرير رقم ١ الخاص بالمجاورة رقم ٩ والمقدم فى ٤/١ سنة ١٩٨١ من السادة الأساتذة:- دكتور أستاذ الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة جامعة عين شمس ودكتور أستاذ الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة جامعة القاهرة ودكتور أستاذ الأساسات بكلية الهندسة جامعة القاهرة وجدناه يكاد يتفق معنا تقريباً فى سرد العيوب التى ظهرت فى العمارات السكنية ، ونلخص فيما يلى أهم ماجاء به من نقاط مشفوعة برأينا على أساس دراستنا لرسومات المشروع وما عايناه على الطبيعة أثناء زيارتنا للموقع .

جاء بالتقرير تحت بند رابعاً - ملاحظات عامة (الرسومات) .

* يتضح من دراسة الرسومات التى تم الاطلاع عليها ما يلى :-

أ - هناك بعض التحفظات على بعض الاعتبارات الإنشائية خصوصاً إذا ما روعى عدم سهولة الحصول على العمالة الفنية بالمستوى اللازم لتنفيذ مثل هذه المبانى الحاملة .

ب - الرسومات ينقصها بعض التفاصيل لضمان دقة التنفيذ .

ج - يوجد بعض الاختلافات فى أشكال التسليح المبينة على المساقط الأفقية والقطاعات وكذا بعض الملاحظات عليها .

ولنا بعض الملاحظات الأساسية على ما جاء بهذا البند :-

أ - الأرض فى هذا الموقع صخرية وهى بذلك تمثل أحسن الظروف ملاءمة للبناء ولا يخش فيها من فروق فى الهبوط وتتحمل جهوداً عالية .

ب - مبانى العمارات السكنية التى نحن بصددها من أبسط أنواع الإنشاءات التى لا تحتاج فى تصميمها لمعرفة خاصة .

ج - المقاول جهاز فنى مسئول عن سلامة مايقوم به من إنشاءات سواء من ناحية التصميم الإنشائى أو التنفيذ الذى يجب أن يكون حسب أصول الصناعة .

صحيح أن هناك نقصاً فى بعض التفاصيل وأن هناك اختلافاً فى أشكال التسليح على المساقط الأفقية والقطاعات ..... ولكن التصميم فى مجموعه سليم ، وكان لزاماً على المقاول استكمال النقص وعمل التفاصيل التوضيحية بحيث ينفذ المبنى طبقاً لأصول الصناعة ، ونحن نعتقد أن المقاول مسئول عن استكمال وسلامة التصميم الإنشائى ، وكان على السادة المشرفين تنبيه المقاول لاستكمال أى نقص أو تفصيل أى غامض أو ضبط أى تفصيل حتى لو أدى الأمر للرجوع إلى المكتب الاستشارى المصمم .

أما ما جاء بالتقرير تحت بند ٢ : التنفيذ :

أ - مبانى الدبش :-

١ - تم بناء الحوائط بالدبش على طريقة **الدبش المروم ولم يراع بصفة عامة أصول الصناعة** فى العديد من المواقع حيث استعملت قطع صغيرة من الدبش ولم يملأ بينه بالمونة جيداً مما نتج عنه العديد من الفراغات ومن ثم عدم تماسك تلك القطع خصوصاً مع صغر حجمها عن الحد المطلوب .

٢ - عدم محورية الحوائط الحاملة مع الأساسات أو القواعد الشريطية المستمرة فى بعض العمارات .

ب - أعمال الخرسانة المسلحة :-

١ - توجد بعض العيوب ناتجة من سوء **أعمال المصنعيات للخرسانة المسلحة** من حيث استقامة أو أفقية الكمرات

والبلاطات ببعض الغرف والبلكونات وكذا دروة البلكونات ، وقد نتج عن ذلك إما زيادة السمك لعلاج الميول ، ومن ثم الأوزان أو نقص سمك البلاطة فى بعض المواقع .

٢ – توجد بعض العيوب فى أعمال الخرسانة المسلحة لبلاطات الأسقف مما نتج عنه وجود بعض الشروخ فى هذه البلاطات وبعض هذه الشروخ نافذة والبعض الآخر نتيجة فقر الخلطة الخرسانية أو عدم خلطها جيداً أو حدوث انفصال حبيبى أثناء الصب مع وجود غطاء خرسانى كاف لحديد التسليح فى بعض الأماكن .

٣ – تنفيذ السلالم الخرسانية فى عدد من الوحدات غير مرضى حيث توجد بعض الميول غير الصحيحة وكذلك الكثير من العيوب فى الاتصال بين القلبات والبسطة وكمر الفخذ الموجود بالحوائط .

٤ – بعض البلكونات الخرسانية فوق المدخل الرئيسى لبعض الوحدات التى لم يتم تشطيبها يحدث بها بعض الترخيم والاهتزازات الملحوظة عند تعرضها للتحميل خصوصاً مع وجود حركة عليها .

نخلص من هذا إلى أن **أعمال الخرسانة المسلحة لم تتم هى الأخرى طبقاً لأصول الصناعة .**

ج – أعمال التشطيبات :

١ – يوجد فى بعض الأماكن بياض بسمك كبير نسبياً يصل أحياناً إلى ١٠ سم وذلك نتيجة لعدم استقامة الحوائط .

رغم هذا السمك الغير مسموح لم تكن الحوائط مستوية رأسياً أو أفقياً .

٢ – تلاحظ وجود بعض التنميلات والشروخ فى أعمال البياض خصوصاً عند وصلات المبانى ببعضها .

٣ – وصلات الربط بين حوائط الطوب الأحمر أو أكتاف الطوب الأحمر أو المحاكيات منه مع مبانى الدبش غير **مطابقة لأصول الصناعة** مما ينتج عنه بعض العيوب فى أعمال البياض والتشطيبات .

هذا بالإضافة إلى عدم استقامة بعض الأركان ووجود شروخ رأسية فى بعضها الآخر نتيجة لعدم تعشيق المبانى ببعضها .

خامساً : العلاج المقترح :

١ – من الملاحظ أن **عمالة المبانى بالدبش ليست على المستوى الكافى لتوفير السلامة الإنشائية المطلوبة لذلك فإنه يجب استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بعمالة على القدر المطلوب من الكفاءة حسب أصول الصناعة** وفى حالة عدم إمكانية الحصول على العمالة المطلوبة فإننا نقترح تغير نظام الإنشاء بالحوائط الدبش الحاملة إلى أى نظام آخر وليكن بطريق الهيكل الخرسانى التقليدى وذلك بالنسبة للعمارات التى لم يتم صب أى سقف خرسانى لها بعد والبالغ عددها ٢٣ عمارة .

٢ – العمارات التى تمت بها أعمال مبانى بالدبش والخرسانات :–

عمل اختبار على عينات من الحوائط الدبش وذلك عن طريق حقنها بمونة خاصة ذات قدرة عالية مع قياس كمية المونة المحقونة وإذا قلت كمية المونة المطلوبة لملء الفراغات الموجودة بالحائط عن $\frac{1}{8}$ م^3 من المبانى الدبش فإن الحائط الدبش يمكن اعتباره مقبولاً من الناحية الإنشائية .

٣ – ضرورة التأكد من سلامة الرباط بين حوائط بالدبش وحوائط بالطوب الأحمر عن طريق حقن الأركان .

٤ – ترميم الأسقف التى بها شروخ فى حدود ١ م وذلك باستعمال مونة غير قابلة للانكماش مع تحميل الأسقف التى يزيد الشروخ بها عن ١ م وذلك بعد ترميمها .

يتبين واضحاً من هذه القرارات أن السادة مستشارى المقاول غير مطمئنين إلى هذه **المبانى والتى تمت مبانيها وخرساناتها وتشطيبها دون الالتزام بأصول الصناعة** ولذلك طلبوا استبعاد العمالة الموجودة بالموقع حالياً واستبدالها بغيرها ممن يعلمون أصول الصناعة أو استبدال طريقة البناء كلها بمبانى هيكلية من الخرسانة المسلحة هذا وإن كنا لاحظنا أن أعمال الخرسانة المسلحة بل وأعمال البياض لم تتم طبقاً لأصول الصناعة مما ترتب عليه ظهور العيوب التى سردناها **والتى ستزيد فى المستقبل مع الاستعمال وأن أعمالاً لم تتم طبقاً لأصول الصناعة لا يمكن الاطمئنان إليها** . ونظراً لأن سلامتها ضرورية لسلامة شاغليها فإننا نرى أن إجراء تجارب على بعض المساكن – وحتى نجاح هذه التجارب – لا يعنى سلامة جميع المساكن فقد **يكون الطبيعى هو رفض مثل هذه العمارات** أو على الأقل فإننا نرى أنه من الضرورى إصلاح جميع الحوائط بالحقن وتحميل جميع الأسقف وإزالة كل ما تظهر به شروخ تزيد عن ٠,٥ م أو يزيد ترخيمه عن المسموح .

فى يوم ٨١/٤/١٤ وصلنى خطاب رقم ٧٠٩ يطلب فيه السيد المهندس نائب رئيس هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة منا معاينة الوحدات السكنية بالمجاورة رقم ٨، رقم ٩ وكذلك مبانى الخدمات العامة بالمجاورة ٩ .

بناء عليه تم الاتفاق بيننا وبين السيد المهندس وكيل الوزارة رئيس الجهاز بمدينة ١٥ مايو ٨١/٤/١٥ على أن نستأنف معاينة الوحدات السكنية للمجاورة رقم ٩ ومبانى الخدمات العامة بها وكذلك الوحدات السكنية بالمجاورة رقم ٨ يوم ٨١/٤/١٩ استأنف

مندوبنا فى الموعد المحدد معاينة وحدات المجاورة رقم ٩ وتلاحظ ما يلى :-

* أن العيوب التى سبق سردها فى المبانى السكنية سواء فى أعمال المبانى أو المسلح أو البياض منتشرة بعضها أو كلها فى باقى الوحدات .

* نظراً لاختلاف خطوط الكونتور فى الموقع فإنه قد لاحظ أن الأدوار ليست فى نفس المستوى فى العمارات المتلاصقة .

* يوجد فاصل بين العمارتين المنتهيتين ج٤ ، ج٥ وقد لوحظ أن الفاصل مقفل تماماً فى الدور الأرضى وليس رأسياً فى باقى الارتفاع .

بالنسبة لمبانى الخدمات العامة للمجاورة ٩ فقد تبين لنا أنها تتكون من :-

١ - مدرسة الحضانة والسوق التجارى والمصلى .

٢ - المدرسة الابتدائية وصالة الألعاب والمبنى الملحق والمدرجات ونحن نرى إرجاءها حالياً حتى تتم دراستها وسيتضمنها تقريرنا الفنى رقم ٢ بإذن الله .

أما بخصوص المجاورة ٨

تتكون هذه المجاورة من ٤٤٨ وحدة سكنية (٧ نماذج) أسند إنشاؤها إلى شركة .... وهى تتكون من مجموعات مختلفة صممت على أن تتكون كل وحدة من دور أرضى وثلاثة أدوار علوية ويمكن تقسيمها كما يلى :

أولاً - عمارات نفذت بالطريقة التقليدية (حوائط حاملة من الدبش) وهى :

١٥ عمارة نموذج E
١ عمارة نموذج Z
١ عمارة نموذج S
٢ مدرسة حضانة

اكتفى فيها بتنفيذ دور أرضى ودورين علويين فقط حسب توصية السادة مستشارى المقاول (عدد الوحدات ٦٦) .

ثانياً : بقية العمارات وقد نفذت بهيكل مسلح قام المقاول بتحضيره ووافق عليه الجهاز .

أولاً : العمارات ذات الحوائط الحاملة

* بنيت هذه العمارات بالطريقة التقليدية ذات الحوائط الحاملة بالمحيط الخارجى وعمودين مسلحين فى الداخل (مقاس ٢٥×٦٠ سم) أسسا على قواعد منعزلة .

* قمنا بمعاينة العمارات نموذج E بلوك C ورقم ٦ بلوك A ورقم ٧ بلوك E .

* وتبين أن الحوائط الحاملة من الدبش كانت مماثلة لحوائط المجاورة ٩ وبها كل عيوبها من حيث تكونها من قشرتين خارجيتين من الدبش الغشيم بنيتا حيثما اتفق ووجود قطع صغيرة من الحجر وكسر الطوب قليل المونة بالداخل وعدم وجود مداميك رابطة وعدم تعشيق القواطيع الداخلية وبعض أكتاف المداخل عند الأركان ، كما أن الحوائط لم تكن مستوية أفقياً ورأسياً (رقم ٧ بلوك E) أى أنها هى الأخرى **لم تبن طبقاً لأصول الصناعة** (لاحظنا أن بعض نواصى الحوائط فى قصة الردم كانت تبنى بالطوب الأحمر) .

* أعمال المسلح كانت على نفس مستوى المجاورة ٩ من حيث نوع الخرسانة وسوء تنفيذ فهى ضعيفة ومسامية وعدم وجود مخدات فوق الحوائط الرئيسية تحت الكمرات الرئيسية وعدم استواء أعتاب الأبواب وخلو بعضها من التسليح كما لم تكن السلالم أحسن حالاً من نظيرتها فى المجاورة ٩ (نموذج E بلوك C) هذا وإن كان عمق الميد فى هذه المجاورة ٣٠ سم ولم تظهر فى البلكونات العيوب التى ظهرت فى المجاورة ٩ لوجود كوابيل على جانبى البلكونات ، وكمرة عريضة عند الواجهة تحمل بروز البلكونة ، ويمكن معرفة مدى اطمئنان السادة مستشارى المقاول إلى هذه العمارات وهما الأستاذ الدكتور .... أستاذ الإنشاءات بكلية الهندسة جامعة القاهرة والسيد المهندس .... مستشار إنشائى من ما يقترحانه من علاج لهذه العمارات .

ففى البند ثالثاً - **العلاج المقترح وركوب الكمرات على الحوائط الدبش ما يلى** :-

بالرغم من عدم ظهور شروخ فى الحوائط حتى الآن إلا أنه يفضل علاج **سوء المصنعية** فى بعض أجزائها وكذا بعض الفراغات التى وجدت كالآتى :-

٢ - نوصى بالحقن بلبانى الأسمنت ١ أسمنت : ١ رمل (٦٠٠ كج أسمنت/م^3 رمل) للحوائط الدبش بالأساس وحوائط الدور الأرضى ، أما الأدوار فيكتفى بحقن الأجزاء عند ارتكاز كمرات السقف R10 فقط وضغط الحقن لا يزيد عن ١كج/سم^2 .

٣ - الأسقف التى لم يتم صبها نوصى بأن يكون ارتكاز الكمرة R10 بكامل طول الكتف أى ١,٥م وبعرض ٣٠سم .

٤ - نوصى بالاكتفاء بعدد دورين فوق الأرض لإمكان الحصول على جهود أقل بالنسبة لحوائط الدبش .

لما كانت **حوائط جميع الأدوار قد بنيت غير مطابقة لأصول الصناعة** فإننا نرى ضرورة حقن الحوائط بجميع الأدوار (توصية ٢) .

ولا يوجد مانع من تنفيذ التوصية رقم ٣ .

أما التوصية رقم ٤ وهى بالاكتفاء بدورين فوق الأرض فقط لإمكان الحصول على جهود أقل بالنسبة لحوائط الدبش - وليس

بالنسبة للجهود تحت طبقة الأساسات إذ أن الأرض صخرية – فهى تعنى خفض عدد الوحدات ٢٥٪ .

وقد أرفق مقاول المجاورة ٨ مع التقرير المؤرخ ١٩٨١/٤/٢ والذى ذكر فيه ما يلى :–

ولزيادة التأكد من سلامة المبانى ستقوم الشركة بعد تنفيذ الملاحظات الواردة بالتقرير بتحميل جميع الأدوار لكل مبنى دفعة واحدة بحمل يوازى مرة ونصف من مجموع الأحمال الحية والميتة (أى بواقع ٥٠٠ كج/م٢) .

النتيجة مؤسفة أشد الأسف إذ أنه **نتيجة لسوء التنفيذ وعدم الالتزام بأصول الصناعة لا بد من حقن جميع الحوائط وتحميل جميع الأسقف وخفض عدد الوحدات ٢٥٪ وهذا كله فى مبانى تقليدية مؤسسة على الصخر !! .**

وظاهر أن التوصية رقم ٤ هى سبب الاقتصار على دور أرضى ودورين فى العمارات التقليدية بهذه المجاورة وما لم يتم من المجاورة رقم ٩ .

اقتراح طريقة العلاج .

١ – حقن الحوائط الحاملة فى جميع العمارات بمونة الأسمنت والرمل (٦٠٠ كجم أسمنت لكل م٣ رمل) أو أى مونة خاصة ثبتت صلاحيتها بحيث نضمن ملء الفراغات والفواصل الداخلية لكل مبنى مع عرض الطريقة التفضيلية لأعمال الحقن وطريقته لتعتمد من الجهاز .

٢ – تكسير جميع البلاطات والدراوى والبلكونات التى ظهرت بها شروخ نافذة أو شروخ يزيد اتساعها عن ٠,٥ مم أو كان بها ترخيم ملحوظ أو عدم انتظام جوانبها أو ميل فى دراويها أو تهتز عند الحركة عليها وإعادة صبها مع إدخال التعديلات الضرورية سواء فى الخرسانة أو صلب التسليح مع مراقبة جودة الخرسانة .

تحميل أسقف وسلالم وبلكونات جميع العمارات التى تمت أسقفها مع مراقبة اتساع الشروخ وقياس الترخيم الناتج وعمل برنامج للتحميل مع المقاولين ومستشاريهم .

٤ – الأفضل الاكتفاء بدورين فوق الأرض فيما هو تحت الإنشاء بحوائط حاملة نظراً لما نواجهه الآن من أمر واقع .

كما أنه لا داعى لهدم شىء من العمارات التى تمت فى المجاورة ٩ إلا إذا فشلت تجارب التحميل .

٥ – قد يكون عمل هياكل مسلحة للعمارات السكنية التى لم يبدأ العمل فيها هو أسهل الحلول مع عمل اختبارات جودة للخرسانة وتشديد الرقابة على تنفيذ أعمال المسلح وخفض سمك الحوائط الخارجية إلى ٢٥ سم وبنفس سمك الدبش المستعمل خصوصاً وأن الجهاز قد وافق على مثل هذا الحل فى عمارات المجاورة ٨، هذا لو تمكن المقاولون والجهاز من تعيين العمالة اللازمة التى تعرف أصول البناء بالدبش .

٦ – إصلاح التعشيش وعيوب الخرسانة المسلحة باستعمال المدفع الأسمنتى عند الضرورة، أما حالة العمارات المسلحة فى المجاورة ٨ ومبانى الخدمات فى المجاورة ٩ فسيقوم المكتب بإذن الله بكتابة تقرير عنها بمجرد إتمام معاينتها ودراستها .

الخلاصة فى هذه التقارير :

١ – اتفق هؤلاء الأساتذة فى طريقة التفكير والتسلسل الجيد فى أسلوب المعاينة بحيث لم يترك كبيرة أو صغيرة فى المبنى إلّا ما سرده عن طبيعة التربة والأساسات والمبانى بالدبش أو الطوب وأعمال الخرسانة المسلحة وحتى التفاصيل البسيطة جداً فى المعاينة التى روعى سردها بهذه التقارير .

٢ – اختلف البعض فى وجهة النظر لم يجامل أحد زميله رغم أنهم كلهم أساتذة وزملاء بكليات الهندسة ولكن فى رد الأستاذ الاستشارى من قبل المجتمعات العمرانية الجديدة قد رد بوضوح على جميع البنود التى تساهل فيها استشارى الشركات وقد راعى ضميره ولم يخش شيئاً إلا الله .

٣ – يجب على القارىء لهذه التقارير أن يتعلم كيف تكون الدقة فى إثبات الزمان والمكان والأخطاء والعلاج المقترح وأن دراسة هذه التقارير لخير أسلوب للمعاينة .

الفصل الخامس

الزلـزال

أولاً : المعايير العالمية لشدة الزلازل وتقسيم مصر من حيث النشاط الزلزالى :

١ – يتم تعريف شدة الزلازل إما باستخدام مقياس شدة الزلازل **macroseismic intensity** والذى يعكس الضرر والإحساس الناتج من الزلازل أو المقياس العشرى **Decimal scale** طبقاً لما هو مبين فى الجدول التالى :

جدول يبين تأثير الزلازل طبقاً لمقياس شدة الزلازل والمقياس العشرى

وصف تأثير الزلازل	شدة الزلازل: المقياس العشرى	شدة الزلازل: مقياس شدة الزلازل mercallical	مناطق الزلازل فى جمهورية مصر العربية
غير ملحوظ – يسجل فقط بواسطة المرصد	1 - 2	I	منطقة ذات شدة زلزالية ضعيفة
غير ملحوظ – ولا يشعر به إلا بعض الأشخاص دقيقى الملاحظة	2 - 3	II	
ملحوظ بطريقة ضعيفة	3 - 4	III	
عموماً ملحوظ – حدوث ضوضاء من زجاج الشبابيك والأوعيـة .	4 - 5	IV	
يمكن الإحساس به – يشعر الناس به فى المبانى واحتمال ظهور شروخ فى البياض	5 - 6	V	
ملحوظ بطريقة مفزعة – حركة الأشياء الغير ثابتة مثل الموبيليا حدوث بعض الشروخ فى البياض سقوط بلاطات الأسطح المائلة غير المصممة لمقاومة الزلازل سقوط أجزاء من البياض فى بعض مبانى الطوب شروخ فى المداخن وظهور عيوب كثيرة فى المبانى غير المصممة لمقاومة الزلازل مثل سقوط المداخن وشروخ بالحوائط	6 - 7	VI	منطقة ذات شدة زلزالية متوسطة
حدوث عيوب فى المنشآت حدوث عيوب وشروخ معقول فى المبانى سقوط أجزاء البياض	7 - 8	VII	
انهيار المنشآت الغير مصممة ضد الزلازل	8 - 9	VIII	

٢ – يمكن تقسيم جمهورية مصر العربية من حيث النشاط الزلزالى إلى منطقتين :

المنطقة الأولى : ذات شدة زلزالية ضعيفة كما هو مبين فى الجدول السابق وتشمل جميع محافظات جمهورية مصر العربية عدا المحافظات التى تشملها المنطقة الثانية .

المنطقة الثانية : وهى ذات شدة زلزالية متوسطة طبقاً لما هو مبين فى الجدول السابق وتشمل المحافظات المطلة على ساحل البحر الأحمر وجنوب سيناء ومحافظة الفيوم وأسوان .

ثانياً : القوى التصميمية لتأثير الزلازل :

أ) يتسبب عن الزلازل قوة يمكن تحليلها إلى ثلاثة مركبات . اثنان منهما أفقيتان تؤثران فى اتجاه المحور الرئيسى للمنشأ والثالثة رأسية على أنه يجب أن يؤخذ تأثير كل مركبة أفقية على حدة .

ب) يتم حساب قوة الزلازل الأفقية على المبانى إما باستخدام طريقة الحمل الإستاتيكى المكافىء وذلك للبند ثالثاً التالى أو استخدام طريقة التحليل الديناميكى وذلك للمنشآت ذات الطابع الخاص للبند ثالثاً .

جـ) يتم حساب تأثير المركبة الرأسية للزلازل طبقاً للبند رابعاً

ثالثاً : التحليل بطريقة الحمل الإستاتيكى المكافىء :

١) تستخدم طريقة الأحمال الإستاتيكية المكافئة لحساب المنشآت ذات الطراز الإنشائى المنتظم والذى لا يحدث به تغييرات فجائية فى كزازة عناصره الإنشائية وأيضاً للمنشآت التى لم تذكر فى البند رابعاً على أن تحقق البند جـ من ٣ من سادساً .

٢) تحسب قوى القص "V" الإستاتيكية الأفقية المكافئة لأحمال الزلزال عند منسوب الأساسات فى اتجاه أى من المحاور الرئيسية للمبنى طبقاً لما يلى وبشرط ألا تقل هذه القيمة المعطاة فى البند ٣ من ثالثاً .

معادلة رقم (١) $V = Z K C I W$

حيث

Z = معامل عددى للمنطقة الزلزالية وتؤخذ قيمته 0.3 للمنطقة الثانية .

K = معامل يعتمد على النظام الإنشائى للمبنى المقاوم للأحمال الأفقية وعلى درجة ممطولية هذه الأجزاء كما هو مبين فى الجدول التالى (أ) .

I = معامل أهمية المنشأ وتؤخذ قيمته طبقاً للجدول التالى (ب) .

W = إجمالى الحمل الرأسى المكافىء ويتم حسابه كما يلى :

= إجمالى الحمل الدائم فى حالة أحمال حية حتى ٥٠٠ كجم / م٢ أو

= إجمالى الحمل الدائم مضافاً إليه نصف إجمالى الأحمال الحية فى حالة أحمال حية قيمتها أكبر من ٥٠٠ كجم / م٢.

C = معامل يأخذ فى الاعتبار زمن الذبذبة الأساسية للمنشأ بالكامل .

جدول (أ) يبين معامل ممطولية المنشأ "K"

K	نوع وتوزيع العناصر الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية
١	جميع المبانى ذات الإطارات ما عدا ما يذكر فيما بعد أى المبانى الحاملة ذات الكمرات الرابطة والأعمدة والأسقف من الخرسانة المسلحة .
١,٣٣	المبانى ذات الحوائط الحاملة بشرط تحقق الشكل الصندوق وبشرط وجود تسليح بين وحدات البناء .
١,٥٠	للمبانى ذات الشكل الصندوق وفى حالة عدم وجود تسليح بين وحدات البناء .
٣	جميع الخزانات والمآذن والمبانى الأثرية .
٢	جميع المبانى الغير مذكورة سابقاً .

جدول (ب) يبين معامل أهمية المنشأ "I"

I	نوع المنشأ
١,٥	للمبانى ذات الأهمية الخاصة أثناء الزلازل مثل المستشفيات- التليفونات - الإذاعة- محطات الإطفاء - محطات الكهرباء- الصوامع- المسارح- المساجد- الكنائس- المعابد- المتاحف - مراكز الطوارىء... إلخ
١,٠٠	المبانى العادية والتى يحدث من انهيارها أثناء الزلازل كوارث متوسطة مثل المساكن- المكاتب- الفنادق- المطاعم- المحلات .
أكبر من ١,٥٠	يتم تقديرها طبقاً للمنهدس وهى المبانى التى يحدث من انهيارها كوارث عظيمة مثل الأفران- المفاعلات- السدود .

وتحدد قيمة المعامل C طبقاً للمعادلة التالية :

معادلة رقم (٢) $C = \dfrac{1}{15\sqrt{T}} \leq 0.12$

وعلى أن تؤخذ قيمة 0.1 = c للمنشآت ذات الطابق الواحد .

حيث :

T = زمن الذبذبة الأساسية بالثانية للمبنى **(Period)** فى اتجاه المحور الرئيسى . تحت الاعتبار وتقدر تبعاً للمعلومات المتاحة السابقة . وفى حالة عدم توافر أى معلومات يستعان بالمعادلتين التاليتين (٤،٣)

معادلة رقم (٣) $T = \dfrac{0.09H}{\sqrt{B}}$

حيث :

H = الارتفاع للمبنى بالمتر (مقاساً من منسوب الأرض الطبيعية) .

B = عرض المبنى فى الاتجاه الموازى لقوة الزلزال المؤثرة ويمكن فى حالة المنشآت التى تتكون من أعمدة وكمرات رباط على أن تؤخذ كما يلى :

معادلة رقم (٤) $T = 0.1n$

حيث :

n = عدد الأدوار فوق الأساسات للمنشآت التى تقاوم فيها الزلازل بواسطة إطارات- حيث إن الإطار الخرسانى يقاوم ١٠٠٪ من القوى الأفقية .

(٣) يجب أن لا تقل القوة الكلية الأفقية الإستاتيكية المكافئة لقوة الزلازل والمحسوبة طبقاً للبند ٢ السابق عن ٢٪ من الأحمال الرأسية المكافئة لمنشآت المنطقة الثانية وعن ١٪ من الأحمال الرأسية المكافئة لمنشآت المنطقة الأولى .

٤) التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل : Distribution of horizontal seismic forces

يحسب التوزيع الرأسى لقوى القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل والمحسوبة طبقا للبند (٢) والبند (٣) السابقين كما يلى :

(أ) توزع قوة القص الأفقية الكلية المكافئة لقوى الزلازل والمحسوبة عند الأساس والمؤثرة فى اتجاه المحور الرئيسى تحت الاعتبار على ارتفاع المبنى بحيث يكون جزء منها موزعاً توزيعاً منتظماً على شكل مثلث وجزء منها يؤثر أعلى المبنى فى هيئة حمل مركز كما فى الشكل التالى .

ويكون التوزيع طبقاً للمعادلة التالية :

معادلة رقم (٥) $$V = F_t + \sum_{i=1}^{n} F_i$$

حيث :

F_t قوة أفقية مركزية تؤثر عند أعلى منسوب للسطح العلوى وتحدد طبقاً للشرط التالى :

١) عندما يكون زمن الذبذبة الأساسية T قيمة أكبر من ٠,٧ ثانية تؤخذ قيمة F_t كما يلى :

معادلة رقم (٦) $$F_t = 0.07TV \leqslant .25V$$

وبشرط ألا تزيد قيمتها عن 0.25V

٢) عندما تكون زمن الذبذبة الأساسية T أقل أو يساوى ٠,٧ ثانية تؤخذ قيمة F_t مساوية للصفر .

معادلة رقم (٧) $$F_t = O$$

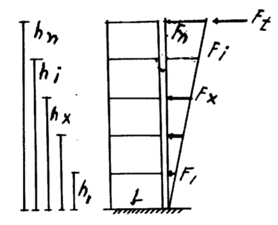
F_t قوة أفقية مكافئة لأحمال الزلازل ومؤثرة عند منسوب الدور رقم I بما فيها السطح وتحسب قيمتها عند منسوب الدور على ارتفاع h من المعادلة التالية :

معادلة رقم (٨) $$F_X = \frac{(V-F_t)\, w_X\, h_X}{\sum_{i=1}^{n} w_i\, h_i}$$

حيث :

F_x = القوة الأفقية المكافئة للزلازل والمؤثرة على منسوب الدور رقم x على ارتفاع h_x من منسوب الأساسات .

$w_i\ w_x$ = الحمل الرأسى المكافىء والمعروف فى البند (٢) السابق المؤثرة عند الأدوار i , x على التوالى .



توزيع القوى الأفقية المكافئة للزلزال

(ب) فى حالة المبانى ذات الدور الواحد أو الدورين يعتبر توزيع القوى V فى الاتجاه الرأسى على المبنى منتظماً وثابتاً وطبقا للمعادلة (٩) التالية .

معادلة رقم (٩) $$F_x = \frac{v\,(w_x\, h_x)}{\sum_{i=1}^{n} w_i\, h_i}$$

(٥) للمبانى التى يعمل لها ردود توزيع قوى قص الأفقية المكافئة لأحمال الزلازل طبقاً للبند (١٠) التالى .

(٦) توزيع قوى القص عند أى مستوى أفقى X بين العناصر الرأسية القادرة على تحمل قوى الزلازل عند هذا المستوى كما يلى :-

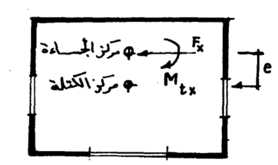
أ) فى حالة تطابق مركز الكتلة مع مركز الجساءة

(أ-١) توزيع القوى الأفقية على العناصر الرأسية القادرة على تحمل القوى الأفقية عند أى مستوى والمحسوبة طبقاً للبند (٤) السابق بنسبة جساءتها وبشرط وجود ترابط بين هذه العناصر الرأسية باستخدام عناصر إنشائية أفقية عند هذا المستوى (مثل البلاطات الخرسانية المسلحة) ومع مراعاة ما جاء فى البند سادساً .

(أ-٢) يجب الأخذ فى الاعتبار لا مركزية دنيا افتراضية بقيمة تساوى ± ٥٪ من أكبر بعد للمنشأ عند المستوى الأفقى الذى يتم الحساب له طبقاً للبند (٧) التالى .

(ب) فى حالة عدم تطابق مركز الكتلة ومركز الجساءة توزع القوى الأفقية على العناصر الرأسية القادرة على تحمل القوى الأفقية عند أى مستوى والمحسوبة طبقاً للبند (٤) السابق كما فى بند (أ) مع الأخذ فى الاعتبار التأثير الموجب المؤثر على كل عنصر إنشائى والناتج من قوى القص وقوى اللى وطبقاً لما هو وارد فى البند (٧) التالى .

٧) عزم اللى الأفقى الإستاتيكى المكافىء Horizontal Equivalent static torsional moment



شكل يبين تأثير عدم تطابق مركزى الكتلة والجساءة

أ) فى حالة عدم التطابق بين الكتلة ومركز الجساءة (مركز المقاومة للعناصر الإنشائية القادرة على تحول القوى الأفقية) يجب أخذ التأثير الموجب لقوى القص الناتجة عن عزوم اللى فى الاعتبار يحسب عزم اللى عند أى مستوى طبقاً للمعادلة التالية :

معادلة رقم (١٠)
$$M_{t_x} = \left[V.\sum_{c=1}^{n} F_i \right] e_x$$

حيث :

e_x هى اللامركزية الإستاتيكية المكافئة وتؤخذ كما يلى :-

معادلة رقم (١١) $e_x = 1.5e + .05B$

معادلة رقم (١٢) $\text{or } e_x = 0.5e - .05B$

وتؤخذ قيمة e_x التى تسبب أكبر إجهادات .

ب) يتم توزيع تأثير عزم اللى بين العناصر الرأسية على أساس أن حركة السقف تتبع حركة الأجسام الجاسئة مع التأكد من أن السقف ذو درجة جساءة مناسبة طبقاً لاشتراطات البند (٨) التالى وبالتالى توزع القوى الأفقية الناتجة من قوى القص وعزوم اللى عند أى مستوى طبقاً لجساءة العناصر الرأسية وبعدها عن مركز الجساءة .

جـ) يهمل التأثير السالب نتيجة عزوم اللى على قوى القص الناتجة من القوى الأفقية على العناصر الإنشائية .

د) يؤخذ تأثير القوى الأفقية الناتجة عن عزوم اللى ضعف قيمتها المحسوبة طبقا للبند (ب) فى حالة ما إذا زادت قيمة اللامركزية (e) عن ربع البعد الأكبر للمبنى .

(٨) العناصر الرابطة الرأسية الإنشائية المقاومة للزلازل :

أ) يجب أن تصمم العناصر الرابطة للعناصر الرأسية لتقاوم قوة طبقاً للمعادلة التالية :-

معادلة رقم (١٣)
$$F_{p_x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} F_i}{\sum_{i=1}^{n} W_i} W_{p_x} \quad \begin{matrix} > .1\, W_{p_x} \\ < .05\, W_{p_x} \end{matrix}$$

حيث :

F_i القوى الأفقية المؤثرة عند المستوى X

W_i الأحمال كما عرفت من البند(٢)من ثالثاً عند المستوى X

W_{p_x} وزن العنصر الإنشائى الأفقى عند المستوى X

ب) يجب ألا تزيد قيمة F_{p_x} عن $0.1\, W_{p_x}$ كما يجب أن لا تقل عن $0.05 W_{p_x}$

جـ) عندما يتطلب التصميم أن العناصر الأفقية يجب أن تنقل قوى بين العناصر الرأسية فوقها إلى العناصر الرأسية أسفلها نتيجة لتغير فى هذه العناصر فوق وتحت العناصر الأفقية فيجب إضافة هذه القوى إلى المحسوبة طبقاً للبند (١١) التالى .

(٩) عزم الانقلاب overturning moment

أ) يحسب عزم الانقلاب عند الأساسات طبقاً للمعادلة التالية :

معادلة رقم (١٤)
$$M_{rot} = J\,(F_t\, h_n + \sum_{i=1}^{n} F_i\, h_i)$$

حيث J معامل تخفيض عزم الانقلاب M_{rot} الناتج عن القوى الأفقية للزلازل ويحسب كما يلى :

$$J = \frac{0.16}{3\,T^2} \quad \begin{matrix} > 1.0 \\ < 0.45 \end{matrix}$$

ب) ويحسب عزم الانقلاب M_{rot} عند أى مستوى طبقاً للمعادلة

معادلة (١٥)
$$m_{x_{rot}} = J_x \left[F_t\,(h_n - h_x) + \sum_{i=x}^{n} F_i\,(h_i - h_x) \right]$$

حيث :

$$J_x = J + (1-J)\left(\frac{h_x}{h_n}\right)^3$$

جـ) يوزع التغير فى عزوم الانقلاب عند مستوى x على العناصر المقاومة بنفس نسب التوزيع للقص وفى حالة وجود عناصر أخرى فإنه يتم إعادة توزيع هذه العزوم .

د) يجب ألا يقل معامل الأمان عن ١,٥ .

(١٠)- الأحمال الأفقية الناتجة عن الزلازل والمؤثرة على أجزاء أو قطاعات من المبنى أو الحوائط :

أ) يجب تصميم أى جزء من المبنى لتحمل أحمال الزلازل Fp على أن تؤثر فى مركز الثقل فى أى اتجاه وتحسب قيمة Fp من المعادلة التالية :

معادلة (١٦)
$$F_p = Z.I.C_p.W_p$$

حيث W_p هو وزن الجزء من المبنى تحت الاعتبار .

وتعطى قيمة C_p كما هو مبين بالجدول التالى :

جدول يبين قيم المعامل Cp فى المعادلة (١٦)

قيمة Cp	جزء المبنى	اتجاه القوى الأفقية
٠,٣	الحوائط الحاملة أو غير الحاملة الخارجية الحوائط الحاملة الداخلية والقواطيع	عمودى على الحائط
٠,٨	الكوابيل والدراوى	عمودى على الكابولى
٠,٨	أجزاء تثبيت الأسقف السابقة التصنيع- أو أى ماكينات أو أجزاء داخل المبنى .	فى أى اتجاه

ب) يتم نقل Fp إلى السقف أو أى عنصر حامل ثم تنقل بدوره إلى الحوائط طبقاً لنسبة جساءة الحوائط لبعضها .

جـ) يجب أن تصمم الحوائط بالإضافة إلى الأحمال الرأسية على أحمال عمودية على مستواها نتيجة أحمال الرياح وأحمال الزلازل طبقاً للبند ثالثاً .

١١ - الردود Setback

أ) فى حالة المبانى التى بها ردود والتى تكون مساحة المسقط الأفقى للجزء المردود لا تقل عن ٧٥٪ من مساحة المسقط الأفقى للمنشأ فإنه يمكن فى هذه الحالة إهمال تأثير الردود وتحسب أحمال الزلازل كما فى البند ثالثاً بالطريقة الإستاتيكية المكافئة .

ب) فى الحالات الأخرى يمكن الحساب إما بالطريقة الديناميكية أو استخدام الطريقة الإستاتيكية على أساس معاملة الجزء العلوى بمفرده مع حساب الجزء السفلى بمفرده واعتبار قوى القص للجزء العلوى مؤثرة على أعلى نقطة فى الجزء السفلى .

رابعاً : التحليل بالطريقة الديناميكية : Dynamic analysis

(١) يتم حساب الطريقة الديناميكية فى الحالات التالية :

أ - إذا كان المنشأ غير متماثل الشكل .

ب- إذا كانت الردود فى المنشأ تخالف ما جاء فى البند (١١) من ثالثاً .

جـ - إذا كان هناك عدم انتظام فى الكتلة أو عناصر الأجزاء الإنشائية المقاومة للأحمال الأفقية .

د - للمبانى ذات الطبيعة الخاصة .

هـ - للمبانى ذات الأهمية الخاصة .

(٢-أ) - التحليل يكون باستخدام :

١) التحليل الطيفى Spectral model analysis

٢) التحليل العددى Numerical analysis

٣) يجب ألا تقل بأى حالة القوى التصميمية لهذه الطريقة عما هو محسوب طبقاً للبند ثالثاً .

خامساً : الأحمال الرأسية الناتجة عن الزلازل

vertical load due to earthquak

أ) يجب أخذ تأثير الحركة الزلزالية الرأسية فى الاعتبار عند تصميم العناصر الرأسية والكوابيل وبروزات المبانى .

ب) يجب اعتبار هذه القوى بحيث تعطى الحالات الحرجة بجمعها جمعاً جبرياً مع القوى المختلفة من تأثير قوى الزلازل الأفقية أو القوى الأخرى .

جـ) وتؤخذ هذه القوى طبقاً للبند ١٠ من ثالثاً .

سادساً : اشتراطات التشكيل المعمارى العام للمبنى فى المناطق الزلزالية :

أ) بجانب الاشتراطات فى البند ثانياً من هذا الكود بالإضافة إلى اشتراطات كود تصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية وكود تصميم وتنفيذ المنشآت المعدنية وأيضاً كود ميكانيكا التربة فإنه يجب تحقيق الاشتراطات والاعتبارات الإنشائية والمتطلبات المعمارية .

ب) يمكن التغاضى عن بعض اشتراطات الاعتبارات الإنشائية والمتطلبات المعمارية ولكن بشرط أن يتم الحساب بطريقة دقيقة وباستخدام معلومات مرصودة كما فى البند (١) أو (٢) من ثالثاً .

٢ - اعتبارات إنشائية :

يمكن تقسيم مبانى الطوب الحاملة إلى :

مبانى النوع الأول : مبانى حاملة ذات كمرات رباط وسقف من الخرسانة المسلحة أو عناصر إنشائية أفقية قادرة على مقاومة القوى الأفقية .

مبانى النوع الثانى : مبانى مثل النوع الأول بالإضافة إلى وجود أعمدة من الخرسانة المسلحة عند تقاطع الحوائط .

٣ - عام :

أ) مقاومة المبنى للقوى الأفقية يجب أن تؤمن بعمل حوائط طولية وعرضية .

ب) يراعى ألا تزيد المسافة بين محاور الحوائط العرضية عما هو بالجدول التالى بشرط ألا يقل سمك الحائط عن ٢٥سم .

جدول يبين المسافة القصوى بين محاور الحوائط العرضية

الشدة الزلزالية	ضعيفة	متوسط
المسافة بين محاور الحوائط العرضية بالمتر	٧	٨

جـ) يراعى ألا تزيد عدد الأدوار بما فيها البدروم عن المذكور فى الجدول التالى فى حالة عدم الحساب طبقاً للبند (١) أو البند (٢) من ثالثاً .

جدول يبين العدد الأقصى للأدوار فى حالة عدم الحساب طبقاً للبند (٢) من ثالثاً

المنطقة	مبانى النوع الأول	مبانى النوع الثانى
	عدد الطوابق	عدد الطوابق
١	٤	٥
٢	٣	٤

وعلى اعتبار أن ارتفاع الدور ٣ متر .

د) يجب العناية بتصميم حوائط البدروم والأساسات حيث إن هذه العناصر أكثر تعرضاً للزلازل عن غيرها من أجزاء المنشأ .

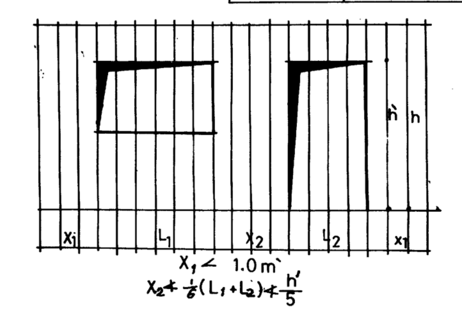
سابعاً : تفاصيل إنشائية :

بالإضافة إلى شروط البنود وخاصة البند (١) من ثالثاً فإنه يجب تحقيق الاشتراطات التالية :-

١ - الفتحات فى الحوائط

أ) يجب أن توزع الفتحات بانتظام على أنحاء المبنى وإلا وجب الحساب بالطريقة الديناميكية .

ب) يجب ألا تزيد المسافة بين بداية الفتحة ونهاية الحائط عن ١ متر كما فى الشكل التالى .



الحد الأدنى لأبعاد حوائط الفتحات

ويمكن التغاضى عن هذا فى حالة عمل عمود من الخرسانة المسلحة عند الركن وبأبعاد لا تقل عن ٢٥ × ٢٥سم وتسليح طولى ٤ϕ١٣ وكانات ٥ ϕ ٦/م/ على أن يتم ربط هذه الأعمدة فى الأساسات والسقف .

جـ) تعمل أعتاب للفتحات بعرض يساوى عرض الحائط على أن يكون ركوب الأعتاب ٣٠سم من كل جانب بالنسبة للمنطقة ذات الشدة الضعيفة ويكون الركوب ٤٠سم بالنسبة للمنطقة ذات الشدة المتوسطة .

د) يمكن السماح بعمل فتحات أكبر مما هو مسموح به وذلك بشرط تدعيم هذه الفتحات بالنسبة للمنطقة ذات الشدة المتوسطة .

و) يمكن السماح بعمل فتحات أكبر مما هو مسموح به وذلك بشرط تدعيم هذه الفتحات بإضافة عناصر خرسانية أفقية ورأسية .

س) يجب ألا يزيد عرض الفتحة عما هو مذكور فى الجدول التالى .

العرض الأقصى للفتحات فى الحوائط

منطقة الزلزال	عرض الفتحة (م)
١	٣
٢	٢,٥

ص) تحتسب إجهادات القص على القطاع الأصغر للحائط ويسلح أفقياً إذا زادت إجهادات القص عما هو مسموح به .

٢ - كمرة الرباط :

أ) توضع كمرة رباط لجميع الحوائط الطولية والعرضية عند منسوب السقف ويجب أن تربط بالحوائط مكونة نظاماً متكاملاً وتعمل الكمرة الرابطة لتحقيق الآتى :-

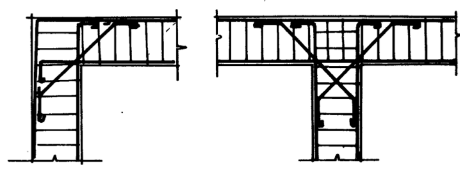
١) تحسين الترابط بين الحوائط .

٢) تقوية الحائط فى مستواه (يؤدى إلى حدوث شروخ مائلة) .

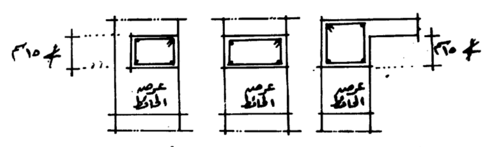
٣) تقوية الحائط فى أماكن الأعتاب .

٤) زيادة جساءة الفعل الميليثى للبلاطة مع الكمرة .

ب) توضع كمرات الرباط أسفل السقف فى حالة ارتفاع للدور لا يزيد عن ٣ متر أما حالة زيادة ارتفاع الدور إلى ٥ متر توضع كمرتى رباط إحداهما أسفل السقف مباشرة ومصبوبة معه إذا كان السقف من الخرسانة المسلحة ، والثانية عند ثلث إلى نصف الارتفاع وتسلح بنصف تسليح كمرة الرباط الأصلية .



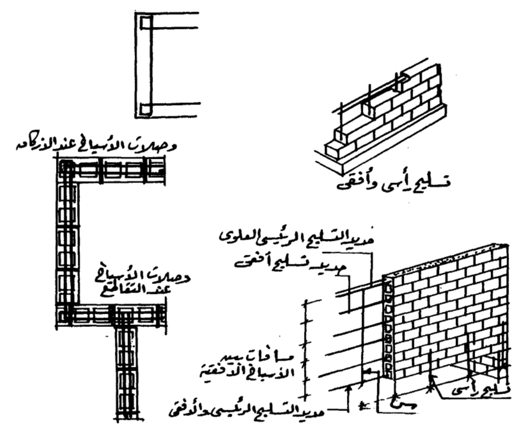
تفاصيل تسليح أعلى زاوية كمرة الرباط فى المسقط الأفقى



كمرات الرباط الخرسانية المسلحة والمعدنية فوق وحدات بناء مصمتة

جـ) لا يقل عرض كمرة الرباط عن ٢٥سم ولا يقل ارتفاعها عن ٢٥سم .

د) لا يقل التسليح الطولى عن ٤ ϕ ١٣مم أو ٠,١٥٪ من مساحة مقطعها أما الكانات فلا تقل عن ٥ ϕ ٦/م .



كمرات الرباط المثبتة داخل وحدات بناء مفرغة ومعدة لذلك

تفاصيل لتسليح كمرات الرباط

هـ) فى حالة الأسقف والأسطح المائلة أو التى تشكل من الوحدات البنائية على شكل عقد يجب عمل كمرة رباط عند مستوى السقف أو السطح وبحيث تكون قادرة على مقاومة إجهادات الشد الناتجة عن هذه الأسقف .

و) فى حالة المنطقة ذات الشدة المتوسطة . يجب ربط كمرة الرباط بالحوائط باستخدام أشاير كل ٥٠سم وبطول من ٢٥ إلى ٣٠سم .

ز) يسمح بعمل فتحات فى كمرة الرباط مع ضرورة عمل اللازم لتقوية هذه الفتحات ولا يسمح بعمل هذه الفتحات فى حالة استخدام أسقف مائلة .

٣ - استخدام أعمدة مسلحة :

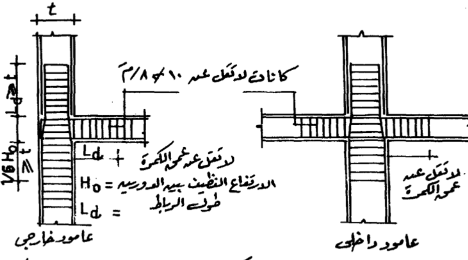
Reinforced concrete columns

أ) فى حالات المناطق ذات شدة الزلزال متوسطة أو فى الحالات التى يتطلب فيها زيادة ارتفاع المنشأ عما هو معطى فى الفقرة (جـ) من (٣) من سادساً أو فى الحالات التى يتطلب فيها زيادة مقاومة المبنى فإنه يمكن استخدام الأعمدة المسلحة عند تقاطع الحوائط مع بعضها .

ب) توضع أعمدة مسلحة عند نقط تقاطع الحوائط الخارجية والداخلية وعند الأركان للحوائط الخارجية وبحيث لا تزيد المسافة بين هذه الأعمدة عن ٥ متر .

جـ) يجب أن تصب الأعمدة بعد بناء الحوائط .

د) يجب ألا تقل أبعاد الأعمدة عن ٢٥ × ٢٥ ولا تقل تسليحها الطولى عن ٤ ϕ ١٣ مع وضع كانات ٥ ϕ ٦/م على أن تكون المسافة بين الكانات ٢٠سم بالنسبة للمناطق ذات الشدة الزلزالية الضعيفة أما فى المناطق ذات الشدة المتوسطة فتوضع الكانات كما هو مبين فى الشكل التالى .



تفاصيل تسليح الأعمدة وكمرات الرباط والكانات عند التقاطع

س) تربط الحوائط بالأعمدة بوضع الأشاير كل ٥سم تمتد داخل العامود والحائط وخاصة فى المناطق ذات الشدة الزلزالية المتوسطة .

– يجب أن يتم ربط الأعمدة بالأساسات وكمرة الرباط .

٤ – وحدات البناء :

أ) يجب أن تكون وحدات البناء من الطوب الخفيف المصمت .

ب) غير مناسب استخدام وحدات بناء ذات فتحات كبيرة فى منطقة الزلازل ذات الشدة المتوسطة .

جـ) يمكن استخدام بلوكات مفرغة بشرط تسليحها فى الاتجاه الأفقى والرأسى كما فى البند ثامناً .

د) يجب ألا تقل مقاومة الضغط لوحدات البناء المستخدمة عن ٧ كجم/سم٢ مع ضرورة ألا تقل مونة البناء عن ١٥٠ كجم/سم٢ للحالات الموضحة فى البنود عاشراً ، والحادى عشر .

٥ – مونة البناء : masonry mortar

أ) يجب أن تفى مونة البناء بالاشتراطات العامة لمونة المبانى .

ب) يجب أن تتكون مونة بلصق الوحدات من أسمنت ورمل بنسبة أسمنت لا تقل عن ٣٠٠ كجم/م٣ رمل فى الحوائط سمك ٢٥سم وزيادة ، ٣٥٠ كجم أسمنت/م٣ رمل إلى الحوائط سمك ١٢سم أو أقل .

جـ) يجب أن تملأ العرانيس بالمونة جيداً ويجب أن يتم تكحيلها فى حالة عدم بياض الحوائط .

د) يجب عدم زيادة سمك المونة عن حد معين وهو واحد سم حتى لا يؤدى ذلك إلى ضعف الاتصال بين وحدات البناء– وعموماً لا يزيد عن ١,٥سم .

س) يجب ألا تقل مقاومة القص للمونة عن ٣ كجم/سم٢ (٠,١ إجهاد الضغط) .

٦ – نوع الربط بين وحدات البناء :

أ) يتم البناء بطرق الرباط المذكورة حسب المواصفات السابق ذكرها .

ب) يجب أن تربط الحوائط الحاملة عند تقاطعها بحديد تسليح ٢ ϕ ٦ كل ٥٠سم على ارتفاع الحوائط وبحيث تمتد على الجانبين بمقدار ٥٠سم وذلك للمبانى التى تنفذ فى المناطق ذات الشدة المتوسطة وأيضاً الحجرات الكبيرة .

جـ) يجب أن يدهن الحديد الذى يربط بين الحوائط بمادة مانعة للصدأ (إيبوكسية) أو يستخدم حديد مجلفن وذلك فى الأماكن الصناعية ذات الرطوبة العالية أو المبانى التى تبنى قريباً من البحر .

د) فى المناطق ذات الشدة المتوسطة يتم ربط الحوائط الغير حاملة مع الحوائط الحاملة أو الأعمدة بـ ٢ ϕ ٦ كل ٥٠سم على ارتفاع التقاطع وبحيث يكون امتداد الحديد من الناحيتين لا يقل عن ٣٠سم .

س) يجب ربط الحوائط الغير حاملة فى الأسقف والأسطح خاصة إذا كان طولها يزيد عن ٥ متر .

٧ – السلالم :

أ) يجب عدم اختيار مكان بئر السلم فى الفتحة الأولى من البناء خاصة فى منطقة الزلزال ذات الشدة المتوسطة .

ب) يجب أن يصمم السلم وبئره على تحمل القوى الأفقية الناتجة من الزلازل .

جـ) فى المنطقة (٢) يجب عمل السلم من الخرسانة المسلحة ويكون عرض الكمرات الحاملة له مساوية لعرض الحائط .

س) السلالم المرتكزة على الحوائط (*الباذنجانات) غير مسموح بها فى المنطقة (٢) .

٨– البلكونات والدراوى : Balconies and parapets

أ) يجب ألا يزيد بروز البلكونات عن ١ متر .

ب) يجب ألا يزيد ارتفاع الدروة عن ٧٠سم إذا لم يكن محدداً بجزء أو كمرة رباط من الخرسانة المسلحة .

جـ) فى حالة زيادة الارتفاع يجب ربط الدروة بالسقف أسفلها .

د) يجب أن يكون للبلكون امتداد فى السقف ويمكن عمل بروز بطول لا يزيد عن ٧٥سم ويجب ربطه جيداً فى كمرة الرباط .

٩ - الأسطح النهائية : Roofs

أ) يستحسن عملها من مواد خفيفة .

ب) فى حالة الأسقف المائلة أو التى على شكل قباب يجب أن تنقل القوى الأفقية الناتجة من وزن السقف والأحمال التى فوقه إلى كمرة الرباط .

جـ) فى المناطق ذات الشدة الزلزالية المتوسطة . يتم حساب الإجهادات على الرباط بين الأسقف وكمرة الرباط طبقاً لما جاء فى البند (١٠) التالى .

١٠ - الأسقف : Floors

أ) يجب أن تربط الأسقف بالحوائط عن طريق كمرة رباط جاء فى (٢) من سابعاً .

ب) الأسقف الخرسانية من الطوب المفرغ مسموح ببنائها فى المنطقة ذات الشدة المتوسطة وبشرط الآتى :-

١) سمك بلاطة السقف لا يقل عن ٥ سم فوق الطوب .

٢) يجب أن تكون هناك كمرة رباط وتربط مع السقف باستخدام حديد التسليح .

جـ) فى حالة عمل الأسقف من كمرات حديد أو جمالونات حديد أو خشب فإنه يجب ربطها جيداً مع كمرة الرباط ويتم تحقيق هذا الرباط طبقاً للبند (٢) .

١١ - تعلية المبانى وتعديل الشكل المعمارى :

أ) يراعى أن تفى المبانى التى يراد تعليتها وخاصة فى المنطقة ذات الشدة بشروط هذه المواصفة .

ب) جميع الحوائط الحاملة يجب أن تكون ذات كمرة رباط يتحقق فيها ما جاء بالبند (٢ من سابعاً) .

جـ) يجب ألا يزيد ارتفاع المبنى عما هو معطى فى الفقرة (٣ من سادساً) .

د) يجب ألا يزيد الوزن الحجمى للجزء المستجد عن الوزن الحجمى للجزء القديم .

س) عندما يعاد تعديل الغرض من الدور الأرضى فى المبانى الموجودة (كاستخدام الدور الأرضى كمحلات) فإنه يجب عمل الترتيبات اللازمة لزيادة أمان هذه المنشآت ضد قوى الزلازل .

١٢ - القواطيع : Partitions

أ) يجب أن تربط القواطيع والحوائط الحاملة كما فى البند (٦) السابق .

ب) يجب ألا يزيد طول الحائط المستخدم كقاطوع عن ٣ متر وألا يقل سمكه عن ١٢سم وألا يزيد ارتفاعه عن ٣ متر .

جـ) فى حالة زيادة طول القاطوع عن ٣ متر يجب تدعيمه بكمرات حديد أو عروق خشب أو أعمدة خرسانية .

د) يمكن استخدام القواطيع كحوائط لزيادة جساءة المبنى ضد القوى الأفقية وبشرط أن يتم ربطها فى الأساسات وفى كمرة الرباط .

١٣ - الأعمدة من الطوب : masonry columns

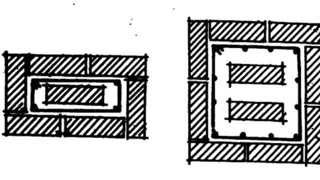
أ) تصمم الأعمدة من الطوب بحيث يمكن لها مقاومة قوى القص والعزوم الناشئة عن الزلازل فى حدود الإجهادات المسموح بها طبقا للبند ثانياً .

ب) فى حالة المصانع أو الأماكن الفسيحة يجب ربط أجزاء الحوائط الخارجية عند التقاطع بند (٦) السابق كما يجب ربط أجزاء المبنى ككل بكمرة رباط بند (٢) السابق .

جـ) يجب ألا تقل مقاومة الضغط لوحدة البناء عن ١٢٠ كجم/ سم^2 أما المونة فلا تقل عن ٣٥٠ كجم/ م^3 رمل وأن يتم ملء العراميس جيداً .

د) يجب عدم استخدام الأعمدة من الطوب إلا لدور واحد .

هـ) ينصح باستخدام الأعمدة من الطوب ومسلحة طولياً وعرضياً فى المناطق ذات الشدة المتوسطة وفى هذه الحالة يجب ألا يقل التسليح الطولى عن ٠,٥٪ ولا يزيد عن ٤٪ من مساحة القطاع كما لا يقل عدد أسياخ التسليح الطولى عن ٤ أسياخ .



تفاصيل قطاعات أعمدة من الطوب

١٤ - الإصلاح والترميم بعد حدوث الزلزال :

أ) إذا كانت العيوب الناتجة فى إحدى المبانى بعد حدوث الزلازل بسيطة فإنه يمكن إجراء عملية الإصلاح والترميم لجعل المبنى كما كان سابقاً .

ب) إذا كانت العيوب تشمل الأجزاء الحاملة والأجزاء الهامة فإنه يجب عمل الدراسات الكافية لترميم هذا البناء .

جـ) يجب قبل ترميم البناء التأكد من جساءة الأساسات وأيضاً طبيعة التربة المحيطة .

د) فى الحوائط التى يكون فيها عيوب بسيطة فإنه يمكن إصلاحها بإضافة وحدات بناء مكان المعيبة ولصقها بمونة الأسمنت والرمل .

س) فى حالة حدوث عيوب فى الأسقف فإنه يتم تكسيرها وعمل أسقف جديدة من الخشب أو الخرسانة المسلحة أو الحديد مع ضرورة ربطها جيداً فى كمرة الرباط .

ط) فى حالة السلالم يجب تعويضها بسلالم حديد أو سلالم من الخرسانة المسلحة .

ص) فى حالة الكوابيل يجب التأكد من حالتها الإستاتيكية .

ع) يراعى إضافة أربطة خرسانية مسلحة أفقية ورأسية وعند الأركان للحوائط وكذلك حول الفتحات للوصول إلى الأركان حسب كود البناء .

١٥ - الحوائط المستخدمة كستائر خارجية :
curtain walls

حائط غير حامل على هيئة مشربية تشيد بأشكال هندسية متعددة من مادة الألومنيوم- الجبس- مونة الحجر الصناعى- الزجاج وقد تكون من الطوب .

أ) يجب أن تربط هذه الحوائط والأرضيات والأسقف تبعاً للبند (٦) السابق .

ب) يجب حساب قوة هذه الروابط طبقاً للبند (١٠) السابق .

جـ) تؤخذ أحمال الرياح طبقاً لكود البناء للأحمال كما يجب أخذ تأثير الزلازل طبقاً لـ ثانياً وثالثاً .

التكسية : Veneer

التكسية هو تجميل لأسطح الحوائط لا يكون الغرض منه إضافة أى تقوية للحوائط ولكن ينبغى أخذ الاعتبارات الإنشائية التالية بالإضافة لما سبق ذكره فى هذا الكود :

أ) التكسيات التى تثبت باستخدام جوايط فى الحوائط يجب التأكد من تحقيق الشروط الخاصة بالتثبيت وخاصة ما ذكر منها فى البند (٨) من ثالثاً .

ب) فى المنطقة ذات الشدة المتوسطة يجب تثبيت جوايط لربط التكسية بالحوائط بدءاً من العرموس الأفقى للتكسية .

جـ) يجب أن تكون هذه الجوايط من حديد غير قابل للصدأ .

د) توضع جوايط لكل مساحة حوالى ٢٠٠٠ سم^2 .

هـ) فى حالة التكسيات التى تثبت فقط بمواد تماسك أو مواد لاصقة فيجب ألا تقل مقاومة القص أو الشد بين التكسية والمادة اللاصقة عن ٤ كجم/ سم^2 .

ثامناً : استخدام وحدات البناء المفرغة : Block masonry

أ) فى حالة مناطق الزلازل ذات الشدة المتوسطة أو أكثر يفضل استخدام وحدات البناء المفرغة مع ضرورة تسليحها أفقياً ورأسياً مع الحقن .

ب) ما ذكر فى البند ثانياً وسادساً يجب أن يتحقق بالنسبة لهذه المبانى .

جـ) يجب ألا يزيد ارتفاع المبنى عن دورين فى حالة البناء بهذه الوحدات بدون تسليح وخاصة فى منطقة الشدة المتوسطة .

د) جميع الحوائط يجب أن تسلح فى الاتجاه الرأسى والأفقى ومجموع مساحة الحديد وخاصة الأفقى والرأسى لا يقل عن ١٠٠٠٠/٢ من المساحة الفعلية لقطاع الحائط .

هـ) وأقل نسبة للتسليح فى كل اتجاه يجب ألا يقل عن ١٠٠٠٠/٧ من القطاع الفعلى للحائط .

و) المسافة بين الأسياخ لا تزيد عن ١,٢ م والقطر لا يقل عن ١٠ مم ولا يزيد عن ٢٥ مم .

ز) لمقاومة قوى القص يفضل وضع حديد تسليح فى المونة وأكبر مسافة بين الأسياخ تساوى ١,٢ م .

حـ) يجب أن يتم ربط حديد التسليح الرأسى أو الأفقى بطول رباط كافى لا يقل عن ٣٠ سم .

ط) يجب ألا يقل البعد الأصغر للفراغ عن ٦ سم وألا تقل مساحة الفراغ عن ٥٢ سم^2 (حالة البلوكات التى سوف تملأ بالحقن الخرسانى) .

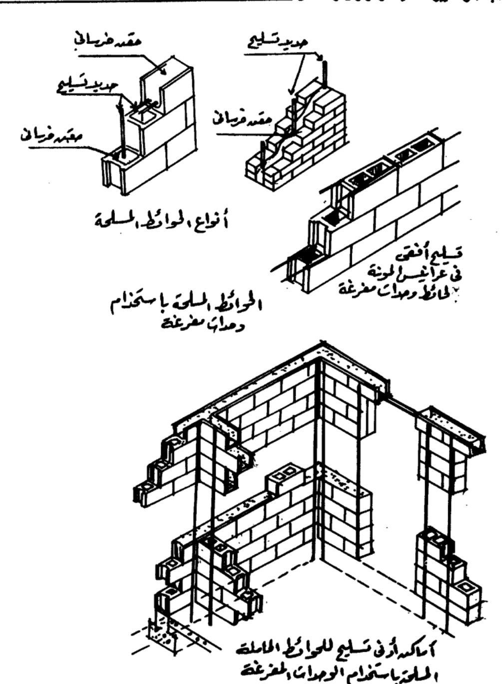
ى) نسبة ارتفاع الحائط لسمكه يجب ألا يزيد عن ٢٥ .

ك) يجب ألا يقل غطاء الحقن الخرسانى بين حديد التسليح ووحدات البناء المفرغة عن ١٥ مم .

ل) يجب ألا يزيد قطر حديد التسليح عن نصف البعد الأصغر للفراغ بين السيخ ووحدة البناء .

م) الحوائط الحاملة يجب ربط الحديد الأفقى بجنش حول الحديد الرأسى .

ن) فى المناطق ذات الشدة المتوسطة أو عندما يتطلب التصميم ذلك يجب تسليح حوائط الوحدات المفرغة على الأقل فى الأماكن الدنيا الموضحة بالشكل التالى .



تاسعاً : البناء بوحدات البناء الطبيعية : مبانى الدبش :
stone masonry

المقصود البناء بوحدات البناء الطبيعية : ويجب أن يراعى هنا جميع الشروط المذكورة سابقاً فى البنود ثالثاً وسادساً مع مراعاة ما يلى :-

أ) يجب ألا تزيد المسافة بين الحوائط الحاملة عن ٤ متر .

ب) يجب أن تستخدم أنواع الحجارة من المحاجر المسموح بها .

جـ) يجب أن تكون الحجارة خالية من الشقوق بقدر الإمكان

د) يجب ملء العراميس بالمونة أثناء تنفيذ الحائط .

هـ) ترجع إلى الباب الثانى من هذا الجزء اشتراطات البناء بالدبش .

عاشراً : المداخن والمنائر من الطوب :

أ) تحتسب القوى الأفقية المكافئة للزلازل والمؤثرة على المداخن والمنائر طبقاً للبند ثالثاً ويؤخذ فى الاعتبار ما يلى :-

١) يراعى فى تخطيط المدخنة ما يلى :-

* ألا تزيد أى فتحة فى المدخنة عن نصف قطرها الداخلى .

* ينفذ إطار من الخرسانة المسلحة حول الفتحات فى المناطق ذات الشدة المتوسطة .

* فى حالة تنفيذ الفتحات على شكل عقود يجب ألا يتعدى عرض الفتحة ١ متر على ألا تزيد زاوية العقد عن ٣٠°.

٢) يجب حماية حديد التسليح المستخدم فى الحوائط ضد الصدأ وتغيرات درجة الحرارة .

٣) يجب تنفيذ كمرة رباط من الخرسانة المسلحة فى أعلى المدخنة مع ربطها جيداً بجسم المدخنة .

جـ) يجب ألا تقل مقاومة المونة ومقاومة وحدات البناء ١٢ كجم/ سم٢ والمونة عن ١٥٠ كجم/ سم٢.

هـ) يجب أن تسلح الحوائط بحديد تسليح رأسى على أن تحقق الجدول التالى :

جدول يبين تسليح حوائط المدخنة

منطقة الزلازل	ذات شدة ضعيفة	ذات شدة متوسطة
امتداد الحديد الرأسى	من ٠,٤ من ارتفاع المدخنة حتى الفتحة	بكامل ارتفاع المدخنة

و) فى حالة استخدام بلوكات مفرغه يجب أن يستخدم تسليح رأسى لا يقل عن ϕ ١٠ كل ٥٠-٧٠ سم مع ضرورة اعتبار الشروط السابقة .

حادى عشر : الحوائط التى تحمل خزانات ذات سعة بسيطة :

أ) يجب أن يوضع تسليح مع استخدام وحدات مفرغه تملأ بالمونة .

ب) فى الفتحات يجب وضع كمرة رباط فوق الفتحة .

جـ) لجميع الفتحات الأخرى يجب وضع حديد تسليح لا يقل عن ٣ ϕ ٨ ويمتد داخل الحائط بمقدار لا يقل عن ٥٠ سم .

د) يجب أن يكون حديد التسليح طبقاً للجدول التالى :

جدول يبين حديد تسليح للخزانات البسيطة

منطقة الزلازل	ذات شدة ضعيفة	ذات شدة متوسطة
حديد رأسى **حديد أفقى**	ϕ ١٠ كل ٥٠-٧٠سم ϕ ٨ كل ٢٥سم	ϕ ١٠ كل ٥٠-٧٠سم ϕ ٨ كل ٢٠ سم

- يجب ألا تقل مقاومة الطوب فى الضغط عن القيمة ١٢ كجم/ سم٢

- يجب ألا تقل مقاومة المونة والتى يجب أن تكون من الأسمنت والرمل عن ١٥٠ كجم/ سم٢

ثانى عشر : متطلبات معمارية :

أ) يختار شكل المبنى فى المسقط الأفقى بحيث يكون متماثلاً ويجب أن يتفادى فى التشكيل والأشكال الزاوية .

وفى حالة وجود مبنى بشكل غير منتظم فيجب تقسيم المبنى بعمل فواصل الزلازل حسب الفقرة .

ب) يجب أن توزع عناصر المنشأ بحيث ينشأ عن ذلك توزيع منتظم لأوزان هذه العناصر وأيضاً توزيع منتظم للجساءة ويراعى أن تكون العناصر ذات الأوزان الكبيرة فى الأدوار السفلى .

جـ) يفضل أن ينطبق مركز ثقل الكتل مع ثقل الجساءات ويجب أن يراعى أن يقع مركز ثقل الكتل فى الأدوار المختلفة على نفس المحور الرأسى .

د) يجب عدم تغيير اتجاه الحوائط أو عدم استمرارها من دور إلى آخر .

هـ) يجب تفادى استخدام أكثر من نظام إنشائى فى البناء .

و) يجب تفادى أو تقليل استخدام العناصر اللازمة للديكور أو الدرابزين أو البلكونات أو ما شابه ذلك من الأجزاء التى تكون عرضة للسقوط أثناء الزلزال .

ر) يراعى الانتقال المباشر للأحمال وخاصة أحمال الزلازل إلى الأساسات .

حـ) يراعى فى اختيار أبعاد الفتحات البند (١) من سابعاً .

ط) فى حالة استخدام طوب وجهات يجب ألا يقل سمك هذا الطوب عن سمك الطوب الداخلى على أن يتم ربط طوب الواجهات مع الطوب الداخلى .

ى) يجب أن تتخذ الإجراءات الكفيلة بعزل قطع أتوماتيكى للتركيبات المختلفة مثل تركيبات الغاز وجميع التركيبات الحرارية والمراجل وخاصة فى مناطق الزلزال ذات الشدة المتوسطة .

الفواصل : Seismic separations

أ) يجب عمل فواصل بين أجزاء المنشأ فى المناطق ذات الشدة المتوسطة وفى الحالات التالية :

- عندما يكون شكل المنشأ فى المسقط الأفقى غير منتظم .
- عندما تختلف ارتفاعات أجزاء المبنى بمقدار أزيد من ٦ متر .
- عندما تكون طبقة التأسيس متباينة .
- عندما يكون المبنى ذو عناصر مختلفة فى جساءاتها .

ب) عرض فاصل الزلزال يعمل بعرض ٣ سم حتى ارتفاع ٥ متر ويزاد العرض بمقدار ٢ سم لكل ٥ متر .

جـ) يعمل الفاصل بتنفيذ حائطين متجاورين .

د) يمكن أن تكون المسافة بين الأجزاء المفصولة من المبنى بفاصل زلزال مملوءة بمواد تسمح بالحركة وعدم نقل القوى الأفقية بين هذه الأجزاء .

هـ) المسافة بين فواصل الزلازل .

الجدول التالى يبين المسافة بين فواصل الزلازل تبعاً لنوع البناء والتقسيم الزالزلى لمصر :

نوع البناء	المسافة بين فواصل الزلازل	
	مناطق ذات شدة ضعيفة	مناطق ذات شدة متوسطة
مبانى مع استخدام أربطة من الخرسانة المسلحة	٥٠	٤٠
مبانى مع استخدام أربطة أفقية ورأسية من الخرسانة المسلحة	٦٠	٥٠

الفصل السادس
الأحمال

أولاً : العناصر غير التقليدية يتم السماح بها عند توافر بيانات واختبارات كافية :

١) يتم اعتبار تأثير الحرارة على المبانى من ناحية العزل الحرارى والاعتبارات المعمارية الأخرى طبقاً لما هو وارد فى الفصل الأول من هذا الباب على أنه بالنسبة للتحليل الإنشائى فليس من الضرورى فى المبانى العادية اعتبار تأثير الحرارة والانكماش فيما عدا نوعيات المبانى التى تكون فيها الإجهادات الناتجة عن الحرارة ذات تأثير ملموس مع مراعاة ترتيب فواصل التمدد والانكماش فى المبانى للتقليل من تأثير الحرارة والانكماش كما يجب مراعاة اختيار فواصل الحركة (فواصل الهبوط) لتقليل أى إجهادات أو تشكلات غير مرغوب فيها ويمكن أن تنشأ عن منع هذه الحركة . كما يراعى اختيار فواصل للزلازل طبقاً لما شرح سابقاً .

٢) ليس من الضرورى أخذ تأثيرات الانفعالات طويلة الأجل creep على توزيع القوى الداخلية فى المبانى العادية إلا فى الحالات التى تكون فيها هذه الانفعالات ذات تأثير .

٣) لا يتم تحديد خواص المواد المستخدمة طبقاً لما هو وارد فى المواصفات القياسية المصرية (م٠ق م) .

٤) يتم تحديد الجساءات والإجهادات والانفعالات فى عناصر المبانى من حوائط حاملة أو قواطيع وكذلك فى العقود والقباب وباعتبار أن المبانى مكونة من عناصر متجانسة ذات خصائص ميكانيكية اعتبارية متساوية فى كل الاتجاهات Homogeneous isotropic على أنه فى حالات خاصة يلزم تصميم المبانى مع الأخذ فى الاعتبار عدم التجانس واختلاف الخواص الميكانيكية مع اختلاف الاتجاه Heterogeneous anisotropic فى جميع الأحوال يجب استخدام أساس واحد لتقدير الجساءات والإجهادات لجميع أجزاء المنشأ .

٥) يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند تحليل وتصميم الحوائط والأعمدة لامركزية للاحتمال لا تقل عن 0.05t أو ٣ سم أيهما أكبر حيث (t) هو سمك الحائط أو العمود .

٦) يجب ألا تتجاوز الانحرافات الرأسية مقدار ١٥/١ من سمك الحائط وبحد أقصى مقداره ٥ مم لكل متر ارتفاع على أن لا يزيد التجاوز الإجمالى عن ٦ سم لكامل ارتفاع المبنى .

٧) يتم نقل الأحمال والقوى الرأسية والأفقية المؤثرة على المبنى إلى العناصر المقاومة لتلك الأحمال ومنها إلى الأساسات بما فى ذلك تشكيل شكالات رأسية وشكالات أفقية كما يجب أن يكون هناك ترابط بين عناصر المبنى المختلفة تضمن توزيع الأحمال الأفقية الناتجة عن الرياح والزلازل بين الحوائط الحاملة طبقاً لجساءة كل حائط على أنه يجب أن يؤخذ فى الاعتبار عند توزيع الأحمال الأفقية بين الحوائط الحاملة تأثير عزم اللى torsional moment الناتج عن عدم تطابق خطى عمل محصلة القوى الخارجية المكافئة لتأثير الرياح والزلازل وقوى المقاومة من الحوائط مع مراعاة عدم تخفيض قوى المقاومة المؤثرة على الحوائط نتيجة لتأثيرات عزوم اللى .

٨) فى كل الأحوال يجب التأكد من تثبيت الأسقف والأساسات مع الحوائط والأعمدة بما يضمن مقاومة المنشأ للانزلاق والانقلاب بمعامل أمان كافى .

٩) يجب تشكيل وتصميم المبانى بطريقة تضمن عدم حدوث الانهيارات المتتالية .

١٠) يمكن استخدام إحدى الطريقتين التاليتين فى تصميم المبانى :

أ) طريقة المرونة (إجهادات التشغيل) .
ب) طريقة حالات الحدود .

ثانياً : الأحمال التصميمية على المبانى :

١) فيما لم يرد عنه نص فى هذا الكود تؤخذ قيم الأحمال الدائمة والحية (الإضافية) الإستاتيكية والديناميكية والأفعال غير المباشرة على المبانى طبقاً لما هو وارد فى الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة .

٢) يتم تحليل وتصميم المبانى تحت تأثير الأحمال التالية :

أ) الأحمال الدائمة (D) dead load .
ب) الأحمال الحية الإستاتيكية والديناميكية (L) static and dynamic live loads
جـ) أحمال الرياح (W) wind loads .
د) أحمال الزلازل (S) Earthquake loads .

وفى الحالات التى تستدعى ذلك يجب أخذ الأحمال غير المباشرة التالية عند تصميم وتحليل المبانى .

(أ) الحرارة .

(ب) الانكماش .
(جـ) الزحف .
(د) فروق الهبوط .

٣ – عند التصميم بطريقة المرونة تعتبر قيم الأفعال والأحمال الحسابية مساوية لقيم أحمال التشغيل كالآتى :

معادلة (١) 1- D + L
معادلة (٢) 2- D + T
معادلة (٣) 3- D + L + W
معادلة (٤) or D + L + 1.1S

بشرط أن لا تقل عن D + L

معادلة (٥) 4- D + L + T + settlement + W
معادلة (٦) or D + L + T + settlement + 1.1S

بشرط أن لا تقل عن D + T

وفى كل الأحوال يضاف تأثير الهبوط إلى تأثيرات الأحمال الحية .

على أنه فى حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ فيجب مراعاة تخفيض قيمة الأحمال الدائمة كما يلى :

معادلة (٧) 1 0.9 D + L
معادلة (٨) 2 0.9D + W or 0.9D + S

وفى كل هذه الحالات يجب مراعاة ما جاء بخصوص زيادة الإجهادات المسموح بها فى حالة تواجد أحمال رياح أو زلازل أو أفعال أخرى مذكورة .

٤) عند التصميم بطريقة حالات الحدود تؤخذ احتمالات التحميل التالية :

أ) فى العناصر المعرضة لأحمال حية والتى يمكن فيها إهمال تأثير أحمال الرياح والزلازل يؤخذ الحمل الاقصى :

معادلة (٩) U = 1.4 D + 1.6 L

ب) فى حالة ما إذا كان الحمل الحى لا يزيد عن ٣/٤ قيمة الأحمال الدائمة يمكن أخذ قيمة الأحمال القصوى :

معادلة (١٠) U = 1.5 (D + L)

جـ) فى العناصر المعرضة لاحمال حية بالإضافة إلى الأحمال الناشئة عن الضغوط الجانبية نتيجة للسوائل أو الأتربة يكون الحمل الأقصى :

معادلة (١١) U = 1.4 D + 1.6 (E + L)

حيث : E = lateral loads

وبشرط ألا تقل قيمة عن القيمة المعطاة بالمعادلة (٩) أما فى حالة الضغوط الجانبية للسوائل المحصورة داخل عناصر محددة الأبعاد مثل الخزانات فيستبدل القيمة 1.6E فى المعادلات (١١) ، (١٥) بالقيمة 1.4E .

د) فى حالة وجود أحمال ناشئة عن ضغط الرياح (W) يكون الحمل الأقصى :

معادلة (١٢) U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.6W)

هـ) فى حالة وجود أحمال ناشئة عن زلازل (S) يؤخذ الحمل الأقصى :

معادلة (١٣) U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.6S)

ويفترض عدم حدوث الزلازل– الرياح معاً متزامنين .

و) فى حالة ما إذا كانت الأحمال الدائمة تزيد من ثبات المنشأ أو تقلل من إجهاداته الداخلية تستبدل الأحمال القصوى فى البنود السابقة بما يلى :

معادلة (١٤) U = 0.9D + 1.6L
معادلة (١٥) U = 0.9D + 1.6E
معادلة (١٦) U = 0.9D + 1.3W
معادلة (١٧) U = 0.9D + 1.3S

ر) عند حساب تأثير تغييرات درجة الحرارة وفروق الهبوط والزحف والانكماش (T) يؤخذ الحمل الأقصى كما يلى :

معادلة (١٨) U = 0.8 (1.4D + 1.6L + 1.4T)

وبشرط ألا يقل عن :

معادلة (١٩) U = 1.4 (D + T)

حـ) يمكن أن تعامل الأحمال الديناميكية على أساس حمل إستاتيكى إضافى مكافىء (K) ويؤخذ الحمل الأقصى كما يلى :

معادلة (٢٠) U = 1.4D + 1.6L + 1.6K

مع مراعاة ما جاء فى المعادلة (١٤) .

٥) يجب تصميم الحوائط الداخلية والخارجية سواء كانت حوائط حاملة أو قواطيع وكذلك القواطيع المؤقتة لكى تتحمل الأحمال الأفقية المعرضة لها وعلى ألا تقل قيمة هذه الأحمال عن ٢٥ كجم/م^2.

٦) تصمم الحوائط المستخدمة كأسوار والتى لا يزيد ارتفاعها عن ٣ لمقاومة الرياح المؤثرة عليها بالإضافة إلى أى قوى أفقية أخرى ناشئة عن ضغط الأتربة وخلافه وعلى أن لا تقل قوى الضغط المؤثرة عمودياً على الحائط عن ٥٠ كجم/م^2.

٧) يلزم تثبيت الحوائط والقواطيع فى الأسقف والإطارات أو العناصر التى تستطيع أن تقاوم القوى الأفقية المؤثرة على تلك الحوائط بواسطة وصلات تثبيت وبشرط أن لا تقل قيمة القوى الممكن نقلها من الحوائط والقواطيع إلى وصلات التثبيت عن ٨٠ كجم/م كما يجب أن تكون الحوائط قادرة على مقاومة الانحناء الناشىء عن تعرضها للقوى الأفقية المؤثرة عليها .

٨) تؤخذ أوزان الحوائط والقواطيع غير تلك المذكورة فى المواصفات المصرية لتصميم وتنفيذ للمنشآت الخرسانية المسلحة طبقاً للجدول التالى وتم تحديد القيم المعطاة فى الجدول مع اعتبار وجود طبقتى بياض كل بسمك ٢ سم وعلى وجهى الحائط

وسمك مونة ١ سم على أنه يجب حساب مقدار الزيادة فى الأوزان فى حالة زيادة السمك عن ما هو مذكور سابقاً .

جدول رقم (١) يبين أوزان الحوائط والقواطيع باستخدام وحدات مختلفة من الطوب

نوع الطوبة	أبعاد الطوبة	سمك الحائط	الوزن الحجمى للطوبة	وزن المونة فى المتر المسطح	وزن البياض فى المتر المسطح	وزن الطوبة فى المتر المسطح	الوزن الكلى للمتر المسطح
	سم × سم × سم	سم	جرام / سم^3	كجم	كجم	كجم	كجم
رملى مصمت ثقيل	٦×١٢×٢٥	١٢	١,٨٠٢	٤٥	٩٠	١٨٠	٣١٥
رملى مصمت ثقيل	٢٥×١٢×٢٥	٢٥	١,٨٠٢	٥٥	٩٠	٤٠٦	٥٢٥
رملى خفيف	١٠×٢٠×٥٠	١٠	٠,٨٣٤	١١	٩٠	٧٩	١٨٥
رملى خفيف	١٢×٢٠×٦٠	١٢	٠,٦٥٤	١٣	٩٠	٧٥	١٨٠
رملى خفيف	٢٠×٢٥×٥٠	٢٠	٠,٨٩٧	١٨	٩٠	١٧٢	٢٨٠
رملى خفيف	٢٥×٢٥×٥٠	٢٥	٠,٨٩٧	٢٢	٩٠	٢١٥	٣٣٠
ليكا مفرغ	١٢×٢٠×٥٠	١٢	٠,٦٤٤	٣٦	٩٠	١١٩	٢٤٥
نسبة الفراغات	١٢×٢٠×٥٠	٢٠	٠,٦٤٤	٣٦	٩٠	١١٩	٢٤٥
٢٠,٤ ٪							
ليكا مفرغة	٢٠×٢٠×٥٠	٢٠	٠,٧١١٤	١٨	٩٠	١٣٧	٢٤٥
نسبة الفراغات	٢٠×٢٥×٥٠	٢٥	٠,٧١١٤	٢٨	٩٠	١٦٩	٢٩٠
٣١,٩ ٪							
ليكا مصمت	٦×١٢×٢٥	١٢	١,١١	٤٥	٩٠	١١١	٢٥٠
	٦×١٢×٢٥	٢٥	١,١١	١١٣	٩٠	٢٢٢	٤٢٥

ثوابت : الوزن الحجمى للمونة = ٢,٢٥ جم / سم^3 . سمك المونة = ١ سم ، سمك البياض = ٣ سم من كل جانب .

الوزن الحجمى للبياض = ٢,٢٥ جم / سم^3

* هذا الجدول للاشترشاد فقط عند دراسة المشروع وعلى المهندس التحقق من الأوزان الفعلية للحوائط المستخدمة .

تابع الجدول السابق

نوع الطوبة	أبعاد الطوبة	سمك الحائط	الوزن الحجمى للطوبة	وزن المونة فى المتر المسطح	وزن البياض فى المتر المسطح	وزن الطوبة فى المتر المسطح	الوزن الكلى للمتر المسطح
	سم × سم × سم	سم	جرام / سم^3	كجم	كجم	كجم	كجم
طوب طفلى (مثقب)	٦×١٢×٢٥	١٢ سم	١,٢٥٥	٤٥	٩٠	١٢٦	٢٦٥
(مصر بريك)		٢٥ سم	١,٢٥٥	١١٣	٩٠	٢٥١	٤٥٥
طوب اسمنتى	١٠×١٢×٢٥	١٠ سم	١,٧	٢٢	٩٠	١٥٤	٢٧٠
(مصمت)		١٢ سم	١,٧	٣٢	٩٠	١٨٠	٣٠٥
(مصر لأعمال الأسمنت		٢٥ سم	١,٧	٨٦	٩٠	٣٦٠	٥٤٠
المسلح)							
بلوكات جبسية	١٠×٥٠×٦٦	١٠ سم	٠,٩٥٠	٥	٩٠	٩٤	*١٩٠/١٠٠
بلوكات جبسية	٨×٥٠×٦٤	٨ سم	٠,٩٥٠	٤	٩٠	٧٥	*١٧٠/٨٠
قواطيع من الألومنيوم							٣٠–٨٠ كجم/م^2

ثوابت : الوزن الحجمى للمونة = ٢,٢٥ جم / سم^3 ، سمك البياض = ٢ سم من كل جانب .

الوزن الحجمى للبياض = ٢,٢٥ جم / سم^3

* وزن المتر المسطح من البلوكات الجبسية بدون بياض / وزن المتر المسطح من البلوكات الجبسية ببياض .

ثالثاً : أحمال الرياح :

المجال :

١) يختص هذا الجزء بتحديد الأحمال الإستاتيكية المكافئة للرياح والتى يجب أخذها فى الاعتبار عند تصميم المبانى والمنشآت كوحدة متكاملة أو عناصرها وأجزائها منفردة .

٢) يجب تصميم المبانى والمنشآت بحيث تقاوم أحمال الرياح الإستاتيكية المكافئة والمؤثرة عليها .

٣) عند تصميم أى مبنى يتم حساب تأثير الرياح على العناصر الآتية :

أ) الهيكل الإنشائى كوحدة متكاملة بما فيه القواعد الأساسات .

ب) الأعضاء الإنشائية مثل الأسقف والحوائط وخلافه .

جـ) التكسيات والشبابيك وخلافه .

٤) عند حساب تأثير الرياح على الحوائط والقواطيع وجميع أجزاء المبنى المعرضة لضغط أو سحب الرياح على وجهيها فإن حمل الرياح التصميمى على هذه الأجزاء يكون المجموع الجبرى للضغط أو السحب على الوجه الأول والضغط أو السحب على الوجه الثانى .

٥) عند حساب أحمال الرياح على المنشآت والمبانى العادية يتم حساب أحمال الرياح طبقاً للأسلوب الوارد بالبند خامساً بالنسبة للمبانى والمنشآت ذات الطابع الخاص .

أ) المبانى والمنشآت التى يزيد ارتفاعها عن ٨٠ متر .

ب) المبانى والمنشآت التى يزيد ارتفاعها عن أربعة أضعاف أقل بعد عرضى لها .

جـ) المبانى والمنشآت ذات الأشكال الغير مألوفة .

د) المبانى والمنشآت المزمع إقامتها فى مناطق غير عادية مثل سطح وقمم الجبال .

هـ) المنشآت الخفيفة ذات القابلية للاهتزاز تحت تأثير الرياح .

فإنه يوصى باتباع الآتى :-

١) الحصول على قيم أقصى متوسط ساعى سنوى لسرعة الرياح من أقرب محطة أرصاد جوية لموقع المبنى وذلك لكافة سنوات الرصد المتاحة مع تحديد ارتفاع مكان قياس سرعة الرياح من سطح الأرض وطبيعة الموقع المحيط بمحطة الرصد .

٢) يتم حساب ضغط الرياح الأساسى باستخدام المعلومات المتوفرة فى الفقرة السابقة وتحليلها باستخدام الأسلوب الإحصائى للقيم القصوى للحصول على سرعة الرياح التصميمية وضغط الرياح الأساسى .

٣) الاسترشاد بنتائج الاختبارات المعملية التى سبق عملها على منشآت مماثلة أو التى يتم عملها على نموذج للمبنى نفسه فى مختبر رياح تحت ظروف تماثل بقدر الإمكان الظروف الطبيعية لتحديد معاملات توزيع ضغط الرياح على الأسطح الخارجية والداخلية للمبنى على أنه فى جميع الأحوال يجب ألا يقل تأثير الرياح على هذه المبانى عن ذلك الناتج من استخدام أحمال الرياح التصميمية المنصوص عليها فى هذا الكود .

٤) استخدام الأسلوب الديناميكى فى التحليل الإنشائى لتحديد تأثير الرياح على القوى والعزوم الداخلية والتغير فى الشكل .

رابعاً : الرموز :

١) ضغط الرياح الأساسى كجم/ م٢ .	q
٢) السرعة التصميمية بالمتر/ ث .	V
٣) الضغط أو السحب الناتج عن تأثير الرياح .	P
– معامل التأثير الديناميكى للرياح .	G
– معامل التعرض .	K
– معامل توزيع ضغط أو سحب الرياح .	C
– القوى الكلية للرياح على المبنى .	F
– مساحة السطح من المنشأ المواجهة للرياح .	A
– الارتفاع عن سطح الأرض .	Z
– ارتفاع المبنى .	h
– أبعاد المبنى فى المسقط الأفقى .	d,b
– يرمز للتأثير الخارجى .	e
– يرمز للتأثير الموضعى .	I
– يرمز للتأثير الداخلى .	i
– يرمز للتأثير الكلى .	F
– زاوية ميل اتجاه الرياح مع سطح المبنى فى المسقط الأفقى .	ϕ
– زاوية ميل السقف أو السطح على الأفقى .	α °

خامساً: الحمل الاستاتيكى المكافىء لتأثير الرياح :

١ – الضغط أو السحب الخارجى :

يتم حساب الضغط أو السحب الخارجى الناتج عن تأثير الرياح على أسطح المبنى كوحدة واحدة أو أجزاء منه من المعادلة التالية :

معادلة (٢١) $$P_e = C_e K. G. q$$

حيث P_e = ضغط الرياح التصميمى الخارجى المؤثر إستاتيكياً على وحدة المساحة للأسطح الخارجية للمبنى .

يكون اتجاه P_e متعامداً على السطح وتؤثر على اتجاه السطح إذا كانت P_e ضغط وللخارج بعيداً عن السطح إذا كانت P_e سحب .

q = ضغط الرياح الأساسى ويعتمد على الموقع الجغرافى للمبنى وتؤخذ قيمه طبقاً لما هو وارد فى الجدول التالى .

G = معامل التأثير الديناميكى للرياح (معامل التأثير العاصف) وتؤخذ قيمته تساوى ٢ ما لم يكن المبنى ذات طبيعة خاصة حسب ما هو وارد فى البند سابعاً فسيتم حساب G باستخدام أساليب التحليل الديناميكى .

K = معامل تعرض يتغير مع الارتفاع عن سطح الأرض وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند سابعاً، المعامل يحدد التوزيع الرأسى لأحمال الرياح ويحسب عند المكان المكافىء الذى يتم حساب ضغط الرياح عليه .

C_e = معامل توزيع ضغط أو سحب الرياح الخارجى على أسطح المبنى ويعتمد على الشكل الهندسى للمبنى وتؤخذ قيمته طبقاً لما هو وارد فى البند ثامناً .

٢ - الضغط أو السحب الداخلى :

يتم حساب الضغط أو السحب الداخلى للرياح على الأسطح الداخلية للمبنى من المعادلة التالية :

معادلة (٢٢) $P_i = C_i .K .G .q$

حيث P_i = ضغط الرياح الداخلى المؤثر على وحدة المساحة على الأسطح الداخلية للمبنى وفى اتجاه متعامد على السطح ويؤثر للخارج فى اتجاه السطح إذا كانت P_i ضغط وللداخل إذا كانت P_i سحب .

K = معامل التعرض وقيمته ثابتة بكامل ارتفاع المبنى وتحسب قيمته على أساس ارتفاع من سطح الأرض يساوى منتصف ارتفاع المبنى .

C_i = معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى على الأسطح الداخلية للمبنى ويعتمد على أماكن تواجد الفتحات بواجهات المبنى .

G = معامل التأثير الديناميكى للرياح وتحدد قيمته بناء على مساحة الفتحات بالواجهة كما يلى :

١) G = إذا كانت مساحة الفتحات لا تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات .

٢) G = إذا كانت مساحة الفتحات تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات .

q = ضغط الرياح الأساسى ويعتمد على الموقع الجغرافى للمبنى وتؤخذ قيمه طبقاً لما هو وارد فى البند سادساً والجدول التالى من الكود وهى نفس قيم q المستخدمة فى المعادلة رقم (٢١) .

٣) فى المبانى من المنشآت التى تتعرض لتركيز غير عادى لضغط الرياح فى أماكن محددة من الأسطح الخارجية للمبنى فسوف تعرف هذه الضغوط بالضغوط الموضعية وتحدد أماكن تأثيرها حسب ما هو وارد فى الفقرة ٥ من سابعاً ، ويتم حساب ضغط الرياح الموضعى من المعادلة الآتية :-

معادلة رقم (٢٣) $P_l = C_l .K .G .q$

حيث K, G, q هى نفس المعاملات الواردة فى المعادلة رقم (٢١) .

C_l = معامل توزيع ضغط الرياح الموضعى على أجزاء الأسطح الخارجية للمبنى المعرضة لتركيز ضغط الرياح وتعتمد قيمته ومكان تأثيره على الشكل الهندسى للمبنى طبقاً لما هو وارد فى البند (٦ من ثامناً) .

٤) فى بعض المبانى والمنشآت التى لا تتطلب حساب توزيع ضغط الرياح على أسطحها وبالذات تلك التى تكون نسبة ارتفاعها أو طولها إلى باق أبعادها عالية جداً فإنه يجب حساب القوة الكلية للرياح على المنشأ ككل بدلاً من حساب توزيعه على وحدة المساحة لهذا النوع من المنشآت فإنه يمكن حساب القوة الكلية للرياح من المعادلة :

معادلة رقم (٢٤) $F = C_f .K .G .q .A$

حيث F = هى القوة الكلية للرياح على المبنى .

G .K = معامل التعرض ومعامل التأثير الديناميكى حسب تعريفهم بالمعادلة رقم (٢١) .

q = ضغط الرياح الأساسى .

C_f = معامل قوة الرياح الكلية .

A = مساحة المنشأ المواجه للرياح .

سادساً : ضغط الرياح الأساسى q

١) يتم تحديد ضغط الرياح الأساسى فى هذا الكود على أساس قيم المتوسط الساعى لسرعة الرياح التصميمية عند ارتفاع ١٠ متر فى الأماكن التى يتوفر فيها سحب كامل للأرصاد الجوية .

٢) تؤخذ قيم q من الجدول التالى وذلك تبعاً لموقع المبنى بالنسبة للمدن والمواقع الغير واردة بالجدول تؤخذ قيم q المحددة لأقرب مكان من موقع المبنى .

جدول (رقم ٢) يبين قيم ضغط الرياح الأساسى

الموقع	ضغط الرياح الأساسى $q\ (K_g/M^2$
مرسى مطروح	٤٢
الإسكندرية/ السلوم/ أبو صوير/ الغردقة/ سيناء/ شاطىء البحر الأحمر	٣٧
القاهرة/ أسيوط/ بلبيس	٣٢
سيوة/ الداخلة	٢٨
الفيوم/ المنيا/ الأقصر/ أسوان/ مديرية التحرير/ طنطا/ المنصورة/ دمنهور	٢٥

سابعاً : معامل التعرض : K

١) معامل التعرض هو المعامل الذى يحدد التغير فى ضغط الرياح مع الارتفاع وهو معامل يتزايد تدريجياً مع زيادة الارتفاع عن سطح الأرض .

٢) يتم حساب معامل التعرض K من الجدول التالى .

٣) عند حساب ضغط الرياح الخارجى يكون الارتفاع الذى يتم حساب المعامل على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح الخارجى عنده من سطح الأرض .

٤) عند حساب ضغط الرياح الداخلى عند أى مكان داخل المبنى يكون الارتفاع Z الذى يتم حساب المعامل K على أساسه هو نصف ارتفاع المبنى .

٥) عند حساب ضغط الرياح الموضعى يكون الارتفاع Z الذى يتم حساب المعامل K على أساسه هو ارتفاع المكان المراد حساب ضغط الرياح عنده من سطح الأرض .

٦) قيمه K يجب ألا تقل عن ١ ولا تزيد عن ٢,٣٠ .

جدول يبين قيمة المعامل (K)

الارتفاع بالمتر	معامل التعرض K
٠ – ١٠م	١,٠٠
١٠م – ٢٠م	١,١٠
٢٠م – ٣٠م	١,٣٠
٣٠م – ٥٠م	١,٥٠
٥٠م – ٨٠م	,٧٠
٨٠م – ١٢٠م	٠
١٢٠م – ١٦٠م	١, ٠
أكثر من ١٦٠م	٢,٣٠

سابعاً : المعامل التأثير الديناميكى G

١) معامل التأثير الديناميكى هو معامل يأخذ فى الاعتبار التأثير الديناميكى للرياح الناتج من الطبيعة العشوائية لتغير ضغط الرياح مع الوقت والخواص الديناميكية للمنشأ وقابلية المنشأ للاهتزاز تحت التأثير العاصف للرياح .

٢) عند حساب ضغط الرياح الخارجى على المبانى والمنشآت وأجزائها (معادلة رقم ٢١) تؤخذ قيمه $G = 2$.

٣) عند حساب ضغط الرياح الداخلى على المبانى والمنشآت وأجزائها (معادلة رقم ٢٢) تؤخذ قيمة G كالآتى :-

$G = 1$ إذا كانت نسبة الفتحات لا تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات .

$G = 2$ إذا كانت نسبة الفتحات تزيد عن ٢٠٪ من مساحة الواجهات .

٤) عند حساب ضغط الرياح الموضعى (معادلة رقم ٢٣) تؤخذ قيمة $G = z$.

تاسعاً : معاملات توزيع ضغط الرياح C

١) معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى C_e هو المعامل الذى يحدد توزيع ضغط أو سحب الرياح على الأسطح الخارجية للمبنى، وهو معامل يدخل فى حساب ضغط الرياح على وحدة المساحة طبقاً للمعادلة رقم (٢١) .

٢) يلزم تحديد معامل توزيع الرياح الخارجى عند حساب تأثير الرياح على الهيكل الإنشائى للمبنى كوحدة واحدة أو أجزائه وكذلك عند حساب تأثير الرياح على الشبابيك والواجهات وخلافه .

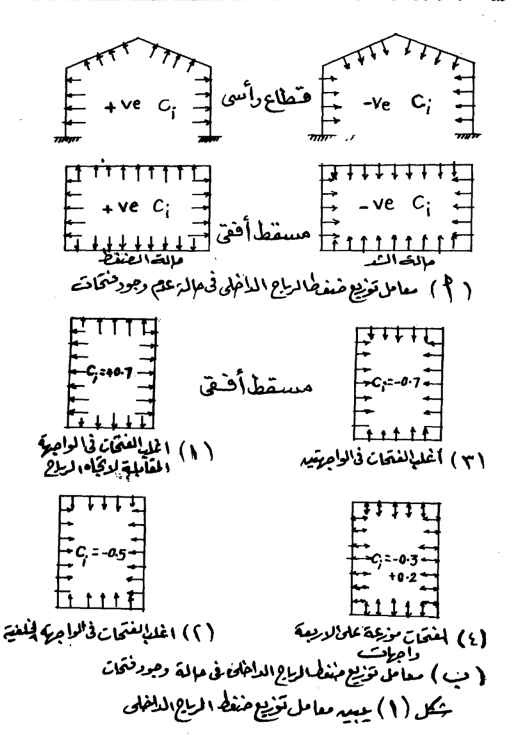
٣) قيم معامل توزيع ضغط الرياح تعتمد على الشكل الهندسى للمبنى وأبعاده .

٤) فى هذا الكود سيفترض أن توزيع قيم C_e حول المقطع الأفقى ثابت بكامل ارتفاع المبنى .

٥) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى C_i هو المعامل الذى يحدد توزيع ضغط أو سحب الرياح على الأسطح الداخلية للمبنى وهو معامل يلزم تحديده لحساب تأثير الرياح على وحدات الحوائط الداخلية والخارجية والتكسيات والشبابيك ولكن لا يدخل فى حساب تأثير الرياح على المبنى كوحدة متكاملة .

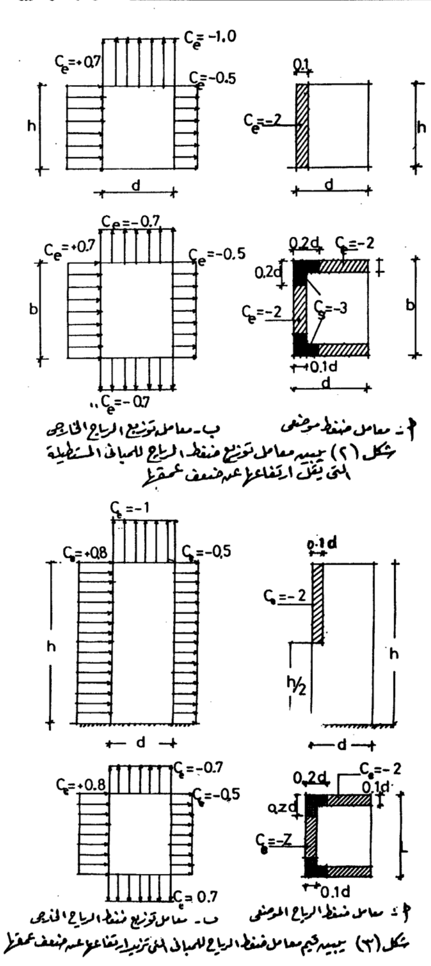
٦) معامل توزيع ضغط الرياح الموضعى C_i يلزم تحديده عند حساب ضغط الرياح على أجزاء الأسطح الخارجية للمبنى والمعرضة لتركيز غير عادى لضغط الرياح ولا يلزم تحديده عند حساب تأثير الرياح على المبنى ككل أو على هيكل المبنى .

٧) للمبانى المستطيلة التى يقل ارتفاعها عن ضعف عمقها تؤخذ قيم C_e & C_i من شكل رقم (١–ب) أو شكل (أ) تؤخذ قيم C_i من جدول رقم (٤) أو شكل (أ) أو شكل (١–ب) التاليين.



شكل (١) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى

٨) أجزاء الأسطح المعرضة لضغط الرياح موضعى هى تلك الموضحة بالتهشير فى الأشكال التالية رقم ٢، ٣، ٤ .

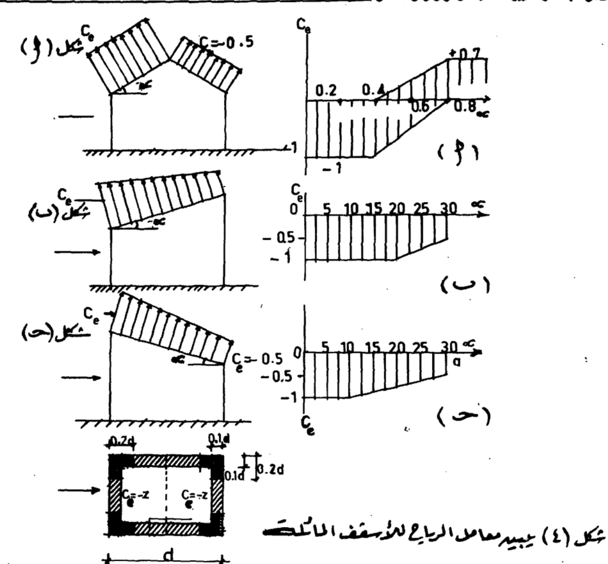


أ- معامل ضغط موضعى ب- معامل توزيع الرياح الخارجى

شكل (٢) يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمبانى المستطيلة التى يقل ارتفاعها عن ضعف عمقها

أ- معامل ضغط الرياح الموضعى ب- معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى

شكل (٣) يبين قيم معامل ضغط الرياح للمبانى التى تزيد ارتفاعها عن ضعف عمقها



شكل (٤) يبين معامل الرياح للأسقف المائلة

٩) للمبانى المستطيلة التى يزيد ارتفاعها عن ضعف عمقها تؤخذ قيم C_e & C_i من شكل(٣) السابق وتؤخذ قيم C_i من جدول رقم (٤) أو شكل (أ) وشكل (١-ب) السابقين.

١٠) للمبانى ذات الواجهات المستطيلة والأسقف المائلة تؤخذ قيم C_e&C_i على الأسقف من شكل (٣) السابق أما قيم C_e&C_i على الواجهات وقيم C_i داخل المبنى تؤخذ طبقاً للبنود (٨) و (٩) السابقين.

١١) للمبنى من الدور الواحد ذات الأسطح على شكل سن المنشار المتماثل تؤخذ قيم C_e & C_i من شكل رقم (٥) التالى وجدول رقم (٥) وتؤخذ C_i من جدول رقم (٦).

١٢) للمبانى من الدور الواحد ذات الأسطح على شكل سن المنشار بميل ٣٠° و ٦٠° تؤخذ قيم C_e&C_i من شكل رقم (٦) وجدول رقم (٧) وتؤخذ قيم C_i من جدول رقم (٨).

١٣) للمآذن والمداخن والمنشآت الأسطوانية تؤخذ قيم C_e & C_i من شكل رقم (٧) وجدول رقم (٩).

١٤) للمنشآت الكروية تؤخذ قيم C_e من شكل رقم (٨) وجدول رقم (١٠).

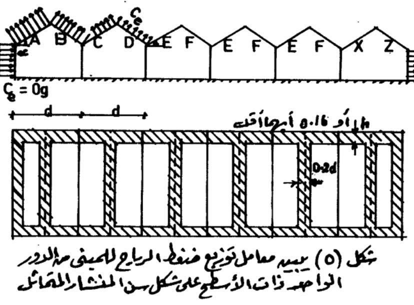
١٥) للقاعات الكبيرة المغطاة أسطوانية تؤخذ قيم C_e، C_1، C_i من أشكال رقم (٩) أو (١٠) وجداول (١١) و (١٢) و (١٣) طبقاً لاتجاه الرياح.

١٦) للأسوار والحوائط وما شابهها يحسب ضغط الرياح الكلى من المعادلة رقم وتؤخذ قيمة معامل قوة الرياح الكلية C_f من الشكل رقم (١١).

١٧) للمبانى والمنشآت التى يكفى فيها حساب القوة الكلية للرياح على المبنى تؤخذ قيمة C_f الواردة فى المعادلة رقم (٢٣) من الجدول رقم (١٤).

جدول رقم (٤) يبين معامل ضغط الرياح الداخلى للمبانى ذات الواجهات المستطيلة

أماكن تواجد الفتحات	C_i
١) أغلب الفتحات فى الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح	+0.7
٢) أغلب الفتحات فى الواجهة الخلفية	-0.5
٣) أغلب الفتحات فى الواجهتين الموازيتين لاتجاه الريح	-0.7
٤) الفتحات موزعة على الأربعة واجهات .	-0.3 or +0.2



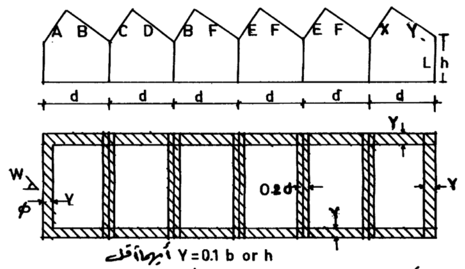
شكل (٥) يبين معامل توزيع ضغط الرياح للمبنى من الدور الواحد ذات الأسطح على شكل سن المنشار المتماثل

جدول رقم (٥) يبين قيم C_I, C_e للمباني ذات الدور الواحد ذات الأسطح على شكل سن المنشار

زاوية ميل ∝ السقف	معامل توزيع ضغط الرياح الخارجي C_e A	B	C	D	E	F	X	Z	معامل الضغط الموضعي C_1
5°	-0.9	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	- 2
10°	-1.1	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	- 2
20°	-0.7	-0.6	-0.4	-0.3	-0.3	-0.3	-0.3	-0.5	- 2
30°	-0.2	-0.6	-0.4	-0.3	-0.2	-0.3	-0.2	-0.5	- 2
45°	+0.3	-0.6	-0.6	-0.4	-0.2	-0.4	-0.2	-0.5	- 2

جدول رقم (٦) معامل ضغط الرياح الداخلى C لمبانى الدور الواحد ذات السطح على شكل سن المنشار المتماثل

أماكن تواجد الفتحات	C_i
١) أغلب الفتحات فى الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح	+0.8
٢) أغلب الفتحات فى الواجهة الخلفية .	-0.3
٣) أغلب الفتحات فى الواجهتين الموازيتين لاتجاه الريح	-0.3
٤) الفتحات موزعة بانتظام على الأربعة واجهات	± 0.3



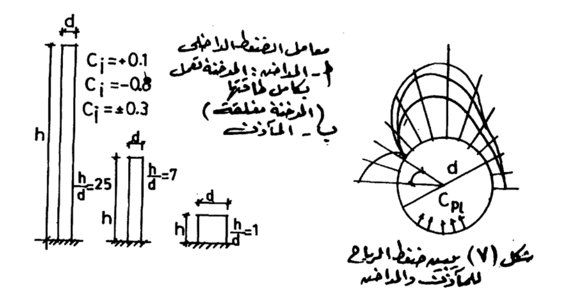
شكل (٦) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى للمبانى ذات الدور الواحد بسطح على شكل سن منشار بميل ٣٠ - ٦٠°

جدول رقم (٧) يبين معامل ضغط الرياح الخارجى C_e والموضعى C_l لمبانى الدور الواحد ذات السقف بميل ٣٠°- ٦٠°

زاوية ميل اتجاه الرياح ϕ	معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى C_e										معامل الضغط الموضعى C_1
	W	A	B	C	D	E	F	χ	Y	L	
0	+0.9	+0.6	-0.7	-0.7	-0.5	-0.5	-0.4	-0.4	-0.3	-0.4	-0.2
80	-0.4	-0.5	-0.3	-0.3	-0.3	-0.4	-0.6	0.6	0.1	+0.9	-0.2

جدول رقم (٨) معامل ضغط الرياح الداخلى C_i لمبانى الدور الواحد ذات السقف بميل ٣٠° - ٦٠°

C_i ($\phi = 0$)	C_i ($\phi = 180°$)	أماكن تواجد الفتحات
+ 0.8	- 0.3	١) أغلب الفتحات فى الواجهة المقابلة لاتجاه الرياح
- 0.3	+ 0.8	٢) أغلب الفتحات فى الواجهة الخلفية
- 0.3	- 0.3	٣) أغلب الفتحات فى الواجهتين لاتجاه الريح
± 0.3	± 0.3	٤) الفتحات موزعة على الأربعة واجهات .



شكل (٧) يبين ضغط الرياح للمآذن والمداخن

جدول رقم (٩) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجي للمآذن والمداخن الأسطوانية كدالة من الزاوية Θ

معامل توزيع الرياح الخارجي C_e			
Θ	h/d = 25	h/d = 7	h/d = 1
0	+ 1.0	+ 1.0	+ 1.0
15°	+ 0.8	+ 0.8	+ 0.8
30°	+ 0.1	+ 0.1	+ 0.1
45°	-0.9	+ 0.8	- 0.7
60°	- 1.9	- 1.7	- 1.2
75°	- 2.5	- 2.2	- 1.6
90°	- 2.6	- 2.2	- 1.7
105°	- 1.9	- 1.7	- 1.2
120°	- 0.9	0.8	- 0.7
135°	- 0.7	- 0.6	- 0.5
150°	- 0.6	- 0.5	- 0.4
165°	- 0.6	- 0.5	- 0.4
180°	-0.6	- 0.5	- 0.4

تستخدم القيم الموجودة فى الجدول على النحو التالى :

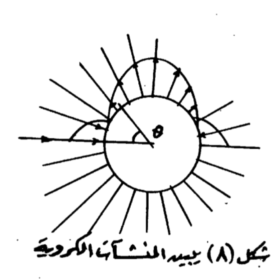
١) السطح الخارجى متوسط النعومة مثل سطح الخرسانة العادى أو سطح المبانى المنتظمة .

٢) القيم المدونة فى الجدول تم حسابها على أساس :

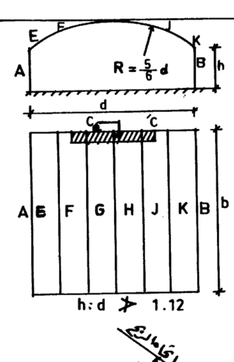
$vd > 6$ أو $d\sqrt{q} > 1.5$

حيث d بالمتر، V السرعة التصميمية بالمتر / ث ، q ضغط الرياح الأساسى كجم / م²

$V = 4\sqrt{q}$، $q = V^2/16$



شكل (٨) يبين المنشآت الكروية



شكل (٩) يبين توزيع ضغط الرياح بزاوية اتجاه الريح من صفر - ٣٠ انظر جدول (١١)

جدول رقم (١٠) يبين معامل توزيع ضغط الرياح C_e كدالة من الزاوية θ

θ	C_e	θ	C_e
0°	+ 1.0	105°	- 1.0
15°	+ 0.9	120°	- 0.6
30°	- 0.5	135°	- 0.2
45°	- 0.1	150°	+ 0.1
60°	0.7	165°	+ 0.3
75°	- 1.1	180°	+ 0.4
90°	- 1.2		

تستخدم القيم الموجودة فى الجدول على أساس أن :

١) السطح الخارجى متوسط النعومة .

٢) القيم المدونة فى الجدول تم حسابها على أساس :

$d\sqrt{q} > 7$ أو $vd > 28$ حيث d قطر السطح بالمتر و V السرعة التصميمية (م/ث) و q ضغط الرياح الأساسى كجم /م²

$V = 4\sqrt{q}$ ، $q = V^2/16$

المساحة المنتشرة معرضة لضغط مركز موضعى فى حالة $\phi = 30°$

وأحد معامل الضغط فى هذه الحالة فقط ويساوى $C_1 = 2.5$

جدول رقم (١١) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى

wind direction φ	معامل توزيع ضغط الرياح C_e									
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K
0°	+0.7	-0.2	-0.3	-0.3	-0.1	-0.5	-0.8	-0.8	-0.4	-0.1
30°	+0.6	-0.3	-0.2	-0.4	-0.1	-0.4	-0.7	-0.9	-0.7	-0.4

A R = $\frac{5}{6}$ d B

C

L M N O P Q

A b

D

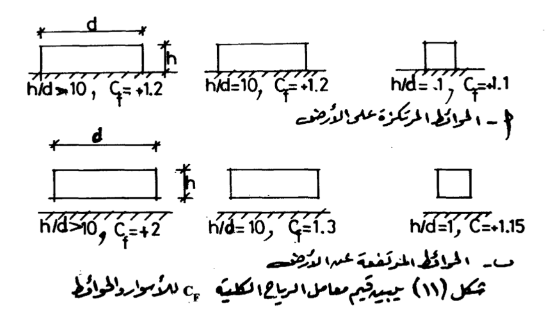
شكل (١٠) يبين توزيع ضغط الرياح الخارجى بزاوية اتجاه ريح ٩٠° انظر جدول (١٢)

جدول رقم (١٢) يبين معامل توزيع ضغط الرياح الخارجى C_e

wind direction ϕ	معامل توزيع ضغط الرياح C_e									
	A	B	C	D	L	M	N	O	P	Q
90°	-0.3	-0.3	+0.9	-0.3	-0.8	-0.7	-0.5	-0.3	-0.1	-0.1

جدول رقم (١٣) معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى

أماكن وجود الفتحات	معامل توزيع ضغط الرياح الداخلى C_i		
	$\phi = 90°$	$\phi = 30°$	$\phi = 0°$
أغلب الفتحات فى الواجهة A	- 1.0	+0.7	+0.4
أغلب الفتحات فى الواجهة C	+0.8	+0.6	-0.1
الفتحات موزعة بانتظام على الأربع واجهات	± 0.2	± 0.2	± 0.2



شكل (١١) يبين قيم معامل الرياح الكلية C_F للأسوار والحوائط

جدول رقم (١٤) يبين قيمة معامل قوة الرياح الكلية C_f الواردة فى معادلة رقم (٢٤)

المسقط الأفقى	h/d		
	١	٧	٢٥
مربع الشكل (الريح عمودى على الضلع)	١,٢	١,٣	١,٣
مربع الشكل (الريح فى اتجاه الوتر)	١	١,١	١,٥
سداسى أو ثمانى الشكل	١	١,٢	١,٤
سطح أملس بدون نتوءات ($\frac{\bar{d}}{d} = 0.0$)	٠,٥	٠,٦	٠,٧
دائرة الشكل سطح به نتوءات بنسبة ($\frac{\bar{d}}{d} = 0.2$)	٠,٧	٠,٨	٠,٩
سطح به نتوءات ($\frac{\bar{d}}{d} = 0.2$)	٠,٨	١,٠	١,٢

حيث $\bar{d}$ = عمق النتوء

d = القطر أو البعد الأصغر للقطاع فى المسقط الأفقى

h = الارتفاع



المراجع

مراجع مشتركة فى الأربعة أجزاء

المؤلف	اسم الكتاب
المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقرى	١ – الموسوعة الهندسية للمواصفات والتصميمات ومعدلات المواد والعمالة لإنشاء المبانى والمرافق العامة طبعة ١٩٩٤
المهندس عبد اللطيف أبو العطا البقرى	٢ – المنشأة المعمارية فى التصميم الإنشائى – الكميات والمواصفات – دراسة العطاءات طبعة ١٩٨٩
الضباط العظام (بالهيئة الهندسية للقوات المسلحة)	٣ – المجلة الهندسية للقوات المسلحة
مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى	٤ – الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة
مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى	٥ – الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات فى (دراسة الموقع – الأساسات المعرضة للاهتزازات والأحمال الديناميكية – الأساسات على التربة ذات المشاكل – الأساسات الضحلة)
دكتور أسامة مصطفى شافعى	٧ – الأساسات (دراسة الموقع – الأساسات السطحية – الحوائط الساندة)

مراجع خاصة بالجزء الأول (دراسة الموقع)

1- N.T sytovich- B. dalmatove	Foundation soils and substructures
2- A.K. Gamal Èldin	Soil mechanics and foundation engineering
3- Satyendra Mittal	Soil testing for engineerings
4- K.T erzaghi, and R.B peck	Soil mechanics in engineering
5- Dr. Tuma and. Dc. Abdel hady	Engineering soil mechanics
الدكتور أسامة مصطفى الشافعى	ميكانيكا التربة (أساسيات وخواص التربة)
الدكتور رشدى بطرس	مذكرات (اختبارات التربة ومدى صلاحيتها)

مراجع خاصة بالجزء الثانى (الأساسات السطحية والعميقة)

N.E. Simons and B.K. Menzies	Ashort course in foundation engineering
1- D.M. Hilal	Foundamentals of reinforced and prestressed concrete
2- E. Fathy Farouk El- Gamal	Foundation solved problems
3- G.N. Smith an E.L. Pole	Elements of foundation deisgn
4- J.E. Bowel & Mc Craw Hill	Foundation analysis an deisgn
5- Gregory P & Tschebotarioff	Foundation s- Retaining and earth structures
مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى	الكود المصرى لميكانيكا التربة وتنفيذ الأساسات (الأساسات العميقة)
دكتور محمد كمال خليفة	خوازيق الأساسات فى مصر
دكتور أسامة مصطفى شافعى	الأساسات (تجهيز الموقع – الأساسات العميقة – ترميم الأساسات)
دكتور رشدى بطرس	محاضرات (الأساسات السطحية)
دكتور يحيى مصطفى حمودة	الهندسة المعمارية فى الوسط المائى

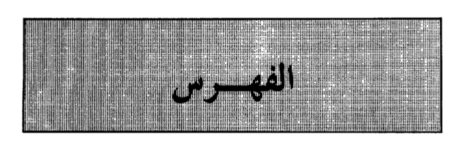
مراجع خاصة بالجزء الثالث (الحوائط الساندة)

اسم الكتاب	المؤلف
Foundation retaining and earth structures	G.P Tschebotarioff
Foundation engineering	Peck Hanson Thernburn
الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات (المنشآت الساندة)	مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى
الإنشاءات الخرسانية المسلحة	ف . بانكوف ، ى . سيجالوف
محاضرات (نظريات الحوائط الساندة)	الدكتور أحمد كمال عبد الفتاح
الاشتراطات الفنية للأعمال الإنشائية	المهندس إبراهيم نجيب (مصلحة المبانى الأميرية)

مراجع خاصة بالجزء الرابع (انهيار المبانى وعلاجها)

اسم الكتاب	المؤلف
Building failures, Diagonsis and Avoidance	1- W.H. Ranson
Concrete and reinforced concrete Deterioration and protection	2- V. Moskvin (Mir publisher)
Cracking in reinforced concrete buildings	3- M.G. Richardson
Deterioration, maintenace and repair of structures	4- Johnson, Sydney M.
Concrete structures with ponded external reinforcement	5- Londer, M., Weder,Ch
Corrosion damaged concrete- Assessment and repair CIRLA london 1987	6- Pullor-Strecker,P
Structural failure in residential buildings	7- Rainer Aswald & Diemtar rogier & Hans Schweckert
الحكم على سلامة المنشآت الخرسانية	الدكتور مهندس/ حبيب زين العابدين (بالسعودية)
تصدعات المبانى بالعالم العربى وكيفية معالجتها	جامعة الدول العربية – المملكة العربية السعودية وزارة الأشغال العامة والإسكان
تصدع المنشآت الخرسانية وطرق إصلاحها	أ.د شريف أبو المجد – أ.م.د. منير كمال أ.د. عمر سلامة أ.م.د شادية الإبيارى
الأمان والاقتصاد فى الخرسانة المسلحة	مهندس/ سيد الشريف
الكود المصرى لأسس تصميم واشتراطات تنفيذ أعمال المبانى (مقاومة المبانى للزلزال – الأحمال – الحوائط الحاملة – الحوائط الخارجية غير الحاملة المستعملة كستائر خارجية	مركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى
مذكرات (تصدعات المنشآت وعلاجها)	الدكتورة شادية الإبيارى
التقرير الدورى الثانى : لبحث : أنسب أساليب الإنشاء واقتصادياتها سنة ١٩٨٦ ، ١٩٩١	البحث العلمى والتكنولوجيا والهيئة العامة لبحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى
تقرير فنى : (إصلاح أساسات) وتدعيم مبنى سكنى	دكتور سيد عبد السلام
	دكتور محسن مشهور
تقرير فنى (الانهيار المبكر للمنشآت الخرسانية)	المهندس/ حمدى عبد العزيز السيد
تقرير فنى (إعادة مواصفات قياسية لمواد معالجة وإصلاح المبانى)	دكتور عزت هاشم مرسى – دكتور/ حسن طه العروسى – مهندس عمر أحمد طلعت

اسم الكتاب	المؤلف
تقرير فنى (أسباب وآثار تراكم المياه على أرضية بعض المنشآت فى مصر وطرق علاجها)	مهندس/ محمد ممدوح رياض
تقرير فنى (دراسة لعلاج تسرب المياه الأرضية داخل المبانى)	دكتور عبد الفتاح السيد أبو العيد
تقرير فنى (تطوير نظام فعال لمراقبة جودة الخرسانة)	دكتور حبيب مصطفى زين العابدين
مذكرات وصور هامة للشروخ	المهندس/ حسن صالح


الفهـــرس

بسم الله الرحمن الرحيم

الجزء الأول : دراسة الموقع

بيان الأعمال رقم الصفحة

الباب الأول : عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة وتوصيف لعمل التقرير والجسة

الباب الثانى : أنواع خواص التربة والصخور

الباب الثالث : الدراسات والتجارب بالموقع

الباب الرابع : الاختبارات بالموقع وأنواعها

الجزء الثانى : الأساسات السطحية والعميقة

الباب الأول : اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات

الباب الثانى : التأسيس على الصخر

الباب الثالث

الأساسات السطحية

الباب الرابع
الأساسات العميقة

الجزء الثالث : الحوائط الساندة

الباب الأول
استكشاف الموقع واعتبارات تنفيذية وفواصل الإنشاء

الباب الثانى
اعتبارات هامة عند التصمم والضغوط وتصميم الحوائط المبنية من الطوب

الباب الثالث

الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة

الجزء الرابع : تصدع المبانى وعلاجها

الباب الثانى : الشروخ فى المبانى

الباب الثالث

اختبارات الخرسانة

الباب الرابع

مواد الإضافة وخرسانة الترميم ومواد اللصق

الباب الخامس

الإصلاحات الغير إنشائية والشروخ الغير إنشائية

الباب السادس

طرق ترميم وتقوية وعلاج العناصر الإنشائية المختلفة

الباب السابع
أثار الرطوبة – الطبقات العازلة للحراة والرطوبة
تخفيض مياه الرشح

تصويب الأخطاء

صفحة	سطر	عامود	الخطأ	الصواب
١	١٨	٢	سبعة أبواب	ثمانية أبواب
١٦	٣	١	ثالثاً	ثانياً
٢١	٩	٢	القضره الأرضيه	القشرة الأرضية
٣٨	٥	٢	تمدد الفجوه	تمدد الفجوة expanded cavity
٣٩	١٢	١	والحبس	والجس
٢٩	٢٨	١	الجامد	الجامد very soft to hard clay
٦٠	١٠	٢	صحخمه	ضخمة
٦١	٢١	٢	$(Al_2\ SiO_2\ H_2O)$	$(A1_2\ Si\ O_2\ H_2O)$
٦١	٢٣	٢	الجيسيت	الجبسيت
٦٣	٢٨	٢	ضغط انتفاش انتفاش	ضغط انتفاش
٩٥	٢٨	١	$15.5/cm^2$	$15.5\ cm^2$
٩٥	٣٢	١	$\frac{M}{k_2 .78T}$	$\frac{M}{K_2 .87T}$
١١٠	٢٨	١	$\frac{w\ L^2}{2}/m$	$\frac{wL^2}{2}/\ m^-$
١١٥	٤	١	check of Q	Chech of Q_s
١٢٩	١٩	١	$Q_p = 70- (.30x50)x4.2$	$Q_p = 70 - (30\ X\ 50)\ X\ 4.2$
١٣٥	٣٣	١	we design atTsection	we design this beam as. (T) section
١٣٦	٨	١	conduction	condition
١٣٦	١٢	١	$30k/cm^2$	$30\ K_g/\ cm^2$
١٤٥	٧	١	المتداله	المنداله
١٤٦	٢	١	نوع الكعب فيتم	نوع الكعب أما مخروط من الزهر أو يتم
١٤٦	٤	١	تزن على	تزال عن
١٥٨	٥	١	Φ ٣/٤	*Φ ٣/٤
١٥٩	٦	١	Φ ٣	*Φ ٣/٤
١٦٢	٤	١	$Q_{all} = 45\ (\pi\ R^2) + (\bar{N}/3)\ (2\bar{\pi}RL)\ KN$	$Q_{all} = 45N\ (\pi R^2) + (\bar{N}/3)\ (2\pi RL)\ .KN$
١٦٣	١٩	١	الغلاقه	العلاقه
١٦٣	٢٤	١	$\overset{*}{pie} = \sqrt[3]{P^*{}_{11}\ X\ P^*{}_{12}\ X\ P_{13}}$	$^*P_{1e} = \sqrt[3]{P^*{}_{11}\ x\ ^*P^*{}_{12}\ x\ ^*P_{13}}$
١٧٢	٢٥	٢	رمل كثيق	رمل كثيف
١٩٨	١٥	١	$\frac{wH^2}{2}(\frac{1- \sin\phi}{1+\sin\ a})$	$\frac{wH^2}{2}(\frac{1 - \sin\phi}{1 + \sin\phi})$
٢٠١	٢١	١	$b = \pm\ b\sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2\ a}}$	$b = -\ b\sqrt{\frac{b^2 - 4ac}{2\ a}}$
٢٠٢	٦	١	P_v	$\underline{P_v}$
٢٠٢	١٩	١	b = القاعدة السفلى للحائط + سمك الحائط من أعلا	b = القاعدة السفلى + سمك الحائط من أعلا
				٢
٢٠٨	٦	١	From example (6) get P,P^-,W_1	From *example (6) get^2 $\underline{P},\bar{P}$, W_1
٢٠٩	١٤	١	t = ارتفاع الخرسانة	T = ارتفاع الخرسانة
٢٠٩	١٥	١	D = ارتفاع الأصص + t	D = ارتفاع الأصص + T
٢٠٩	١٩	١	If not say	If we say

صفحة	سطر	عامود	الخطأ	الصواب
٢١٠	٥ من آخر الصفحة	١	$\frac{Mx\text{-}x \times D/2}{1.00 \times d^3/12}$	$\frac{Mx\text{-}x \times D/2}{1.00 \times D^3/12}$
٢١٢	٢٨	١	$As = \frac{M}{K_2 \times .78T}$	$A_s = \frac{M}{K_2 \times .87T}$
٢١٦	السطر الأخير	١	$q_s = \frac{Q_s}{.87d}$	$q_s = \frac{Q_s}{.87T \times b}$
٢٢٤	السطر الأخير	١	$F^1_2 = \frac{VR}{A} + \frac{6m}{bt^2}$	$F^1_2 = \frac{-VR}{A} \pm \frac{6M}{bT^2}$
٢٢٥	١٤	١	٢٥, بمقدار العزم الحانى	٠,٢٥ مقدار العزم الحانى
٢٨٨	١٥	١	bas	base
٢٣٠	٢٨	١	F_{oy}	F_{ov}
٢٣١	٤	١	14.07	14.07 ton/$\bar{m}$
٢٣٢	٤	١	Total pressure on heel/m	Total pressure of heel/$\bar{m}$
٢٣٢	٣٤	١	$\bar{As}$ = .025% A	A_S = .025%.A_c
٢٣٤	٤	١	B.mat Pt A	B,M at Point A
٢٥٧	٧	٢	أملاح الأمرنوم	أملاح الأمنيوم
٢٧٣	٣	١	$P_{as} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{as}$	$P_{as} = \frac{1}{2} \gamma h^2 K_{as}$ معادلة رقم (٢٠)
٣٠٣	٢٧	١	سنة الإنشاء سبب التصدع	سنة الإنشاء سبب التصدع
٣٢١	٢٩	٢	amixtures	admixtures
٣٢٤	٤	٢	الحزمى	الجزعى
٣٢٦	١٢	٢	المكرره	المتكررة
٣٨٧	٢	٢	منخفض نكن أعلى من الإيبوكسى	منخفض لكن أعلى من الأيبوكس
٣٩٢	١٤	١	جـ – ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً	جـ – ضرورة استعمال نسبة قليلة من الماء مع ملاحظتها جيداً د – انظر الفصل الخامس التالى لصفات المواد الأيدروكربونية اللاصقة
٣٥٦	٢١	١	تغريز	تفريز
٤٠١	٢٧	٢	بونادين	بوتادين
٤٠٢	١٨	٢	بونادين	بوتادين
٤٠٣	١٢	٢	الأزمل	الأزميل
٤٢٧	صوره	١	صورة لعامود	العامود رسمه مقلوب
٤٣٠	٦	٢	ثم	تم
٤٣١	٧،١٢،١٨	١	ثم	تم
٤٣٨	٧	٢	أوفى درجه	أو فى درجة الجهد للطبقة الضعيفة
٤٤٦	٢٣	١	الخرسانة العلويه	الخرسانة العادية
٤٤٨	٢٣،٢٤	١	١,١٠سم	١,١٠ م

الصفحة	السطر	عامود	الخطأ	الصواب
٤٤٨	٨	٢	بالسقف بأخرام	بالسقف من أعلا بأخرام
٤٤٨	٢٦	٢	الأشيابر	الأشاير
٤٨٨	١٦	١	أو أكتاف سائده	أو أكتاف ساندة
٥٠٣	صوره		شروخ رأسيه بارتفاع الحائط وفوق الأعتاب فى مبنى من الدبش بسبب الزلزال	شروخ رأسية للأسفل فى مبنى من الدبش بسبب الزلزال
٥٠٥	١٨،٢١،٢٦		شركة	شركة (............)
٥١٣	١	٢	(I)	(I)
٥١٩	٩	٢	٢٥ × ٢٥	٢٥ × ٢٥ سم
٥٢٣	١	٢	نرجع إلى الباب الثانى من هذا الجزء	يرجع إلى الفصل الثانى من هذا الباب
٥٢٤	٢	٢	الزلزال حسب الفقرة	الزلزال حسب فقرة الفواصل التالية
٥٢٩	٣٦	١	نتعرض	تتعرض
٥٣٠	١٦	٢	هذا الكود	هذه الدراسة
٥٣٠	٢٣،٢٩	٢	C_i	C_1
٥٣٣	قبل الرسم	١	فى أول الصفحة لا شئ	للأسقف التى تقل ظل زاوية ميلها عن ٤, – ٨, يؤخذ حمل الرياح سحب وضغط حسب الحدود الموضحة
٥٣٣	٢،٥،٩	١	C_i	C_1
٥٣٤	١	٢	C	C_i
٥٣٧	٢٤	٨	-0.2	+0.2

أخي الزميل القارىء

* لقد كنت بحق - صديقى القارىء - مشاركاً بالرأى والفكر من خلال رسائلك العديدة التي وصلتني، وحلقات المناقشة التى عقدناها فيما ورد بكتاب الموسوعة الهندسية والمنشأة المعمارية، وأوحيت لى عن القصور فى المواد العلمية التى لم أقدمها للآن ونتاجاً لهذا سألت الله فأعانني في تأليف كتابى الثالث (الإنشاء والانهيار) كما أوضحناه بالمقدمة.
* لأن أى عالم أو مفكر يغيب - بعد قضاء الله - عن مسرح الحياة، يأخذ معه كل عبقريته أو فكره مهما كان حجمه صغيراً أو كبيراً مع قدراته الخلاقة، فلا أقل من أن يسجل إنتاجه على صفحات الكتب ذخيرة للعلم والعالم والحياة.
* وإنى لأدعو جميع المتخصصين وذوى الخبرة العلمية والعملية والعلماء فى كل مجال ببلادنا العربية لإصدار كتب تضم بين دفتيها خبرتهم، بصرف النظر أكانت قليلة أو كثيرة، شريطة التأكد والإلمام بما يكتب. وأسأل الله تبارك وتعالى أن ييسرهم للخير وييسر الخير لهم، ويعينهم على الحسنات ويضاعف لهم الثواب فيما يكتبون وذلك مصداقاً للحديث الشريف: **« إذا مات ابن آدم انقطع عمله إلا من ثلاث: صدقة جارية وعلم ينتفع به وولد صالح يدعو له »** .
* ولنأخذ عبرة من قول الخليفة عمر بن عبد العزيز، الذي عاش حياته من جانبيها، حيث لم يترك قبل توليه الخلافة لوناً من رفاهية الحياة لم يرتشف منها، والذى لم يدع بعد توليه الخلافة أحد ألوان التقشف لم يتبعه ويمارسه حيث قال: (إن استطعت فكن عالماً - فإن لم تستطع فكن متعلماً - وإن لم تستطع فصاحبهم - فإن لم تستطع فلا تكرههم).
* قال ديجول رمز فرنسا المعاصرة فى مذاكرته وتعجبه لانشغال الناس في دول العالم بالمشاكل بدلاً من التعاون فى سبيل الخير قائلاً: (كلما نظرت للنجوم وأعمال السماء زدت إحساساً بتفاهة كل ما يجرى على الأرض من مشاكل. والعلم خير وسيلة لحل هذه المشاكل).
* إلى كل من يضيف إضافة جديدة لتطور بلدنا. إلى كل من تعلمتُ على يديه لأساعد فى خدمة بلدى. إلى كل أساتذتي وأحبائى وزملائى: آمل أن ينال كتاب « الإنشاء والانهيار » رضاءك. وقد جاءت محققة لكل ما يجول بخاطرك وإنها لكذلك بإذن الله. كما أرجو أن يكون كتابى هذا موصلاً جيداً بينى وبينك راجياً الاتصال بى لأى إضافة أو تعقيب أو مناقشة.
* فأى فكر جديد أو بحث متطور هو إثراء للإنشاء والانهيار حتى تواكب التطور العصرى.

مهندس / عبد اللطيف أبو العطا البقرى

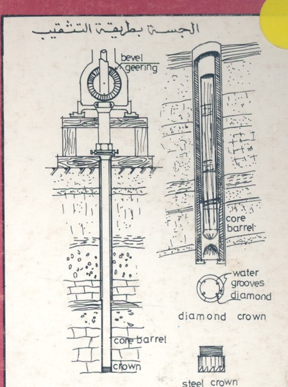
٤٢ شارع الدكتور عبد الله العربى - الحي السابع / مدينة نصر

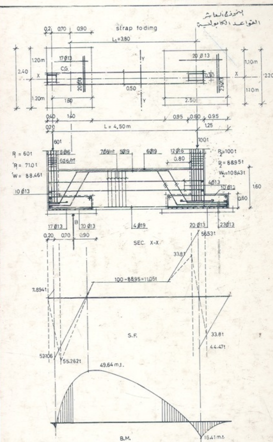
جمهورية مصر العربية. تليفون: ٦٠٦٣٥٤

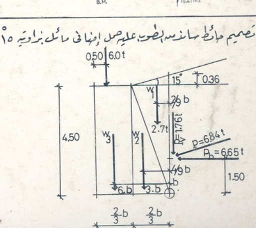
محتويات الكتاب

رقم الإيداع بدار الكتب ٢١٩٢/ ٩٤

I.S.B.N 977-00-6492-0 الترقيم الدولي







بعض أعمال المؤلف

- عمل بالمقاولات العمومية لحسابه الخاص من عام ١٩٣٩ وحتى ١٩٥٧ .
- أعمال التصميمات بالادارة العامة للمبانى بالقسم الانشائى .
- وسام الاستحقاق عام ١٩٥٩ للاشتراك فى تنفيذ استاد القاهرة .
- ميدالية تذكارية من بلدية القاهرة بمناسبة الاشتراك فى تنفيذ استاد القاهرة .
- المركز السياحى بكفر الزيات- مصنع الصباغة والمواد الوسيطة- مصنع الترانزستور بالاسماعيلية عند شغله منصب مدير تنفيذ بشركة النيل العامة للمقاولات.
- المدن السكنية والقرى والمرافق العامة لمنطقة مريوط عند شغله منصب مدير تنفيذ منطقة مريوط بشركة النصر العامة للمقاولات .
- محطة محولات نجع حمادى وسوهاج قواعد الابراج الكهربائية بين نجع حمادى وسوهاج عند شغله منصب مدير منطقة نجع حمادى بشركة المقاولون العرب والاشتراك فى مشروع مجارى المائة يوم .
- مشروع مبانى ورش إصلاح المعدات البحرية بالترسانة البحرية - مشروع غرب النوبارية لانشاء المدن والقرى عند شغله منصب مدير تنفيذ بالشركة المصرية العامة للمبانى .
- دراسة وتحليل معدلات المواد والعمالة والاسعار للشركات والهيئات التابعة للموسسة وأيضا الاشتراك فى وضع كتاب معدلات المبانى عند شغله منصب مدير عام الرقابة والتفتيش الفنى بالموسسة المصرية العامة للمقاولات والمبانى .
- إعادة تصميم مشروعات المجارى والمياه والطرق للمدن العسكرية بدهشور والإشراف على تنفيذها عند شغله منصب نائب رئيس الجهاز التنفيذى لمشروعات التعمير الخاصة .
- دراسة مختلف العطاءات كرئيس قطاع الشئون الفنية مشروعات والمفوض المساعد بشركة الصعيد العامة للمقاولات ومن أهمها :
- فندق المقطعم والاشراف على تنفيذه .
- المصارف المغطاة بمحافظة سوهاج ومساحتها ٦٥٠٠٠ فدان .
- محطة المياه ومحطة المجارى وشبكتها بمدينة المقطم .
- محطة مجارى الفيوم .
- محطة مجارى المنصورة .
- محطة مجارى المحمودية .
- درع ادارة المشروعات الكبرى للقوات المسلحة عام ١٩٨٨ لمحاضرة للضباط المهندسين العظام بالقوات المسلحة عن إعداد ودراسة العطاءات فى المقاولات .
- تاليف المنشاة المعمارية للتصميم الإنشائى والكميات والمواصفات ودراسة العطاءات الطبعة الاولى سنة ١٩٨٩ .
- تاليف الموسوعة الهندسية الطبعة الأولى عام ١٩٨٠ . والطبعة الثانية عام ١٩٨٢ . والطبعة الثالثة عام ١٩٨٤ . والطبعة الرابعة عام ١٩٨٨ . والطبعة الخامسة عام ١٩٩٤ .
- الانشاء والانهيار لدراسة الموقع ، والأساسات السطحية والعميقة ، الحوائط الساندة ، تصدع المبانى وعلاجها الطبعة الاولى ١٩٩٤ .

هذا الكتاب

هذا الكتاب هو الأول الذي يجمع النقيضين وهو الإنشاء والانهيار فى دراسة الموقع- والأساسات السطحية والعميقة- والحوائط الساندة- وتصدع المبانى وعلاجها فى كتاب واحد وذلك لمساعدة المهندس عند التصميم أو التنفيذ لأعمال الأساسات لأن يكون على بينة ودراية كافية للأسباب التى من شأنها تسبب أعمال الأساسات تصدعاً للمبانى هذا بالإضافة لأن يكون ملماً بجميع أنواع التصدع لباقى المنشأ كله وذلك فى أربعة أجزاء وهى كالآتى :

- **الجزء الأول** (دراسة الموقع) : ويشمل هذا الجزء على أربعة أبواب وهى عناصر الاستكشاف وطرق أخذ عينات التربة - أنواع الصخور والتربة - الدراسات والتجارب بالموقع - الاختبارات الخاصة بالموقع وأنواعها .
- **الجزء الثانى** (الأساسات السطحية والعميقة) : وتشمل الأساسات السطحية على أربعة أبواب وهى اعتبارات لبعض الحالات الخاصة للأساسات- التأسيس على الصخر- الأساسات السطحية الغير نمطية وهى نماذج محلولة الأربعة عشر نموذجاً وشرح واف لكل نموذج - وتشمل الأساسات العميقة على جميع أنواع الخوازيق - قدرة تحمل الخوازيق - اختبارات تحمل الخوازيق وهبوطها - القيسونات - الدعائم .
- **الجزء الثالث** (الحوائط الساندة) : ويشمل هذا الجزء على ثلاثة أبواب وهى استكشاف الموقع - تصميم الحوائط الساندة من الطوب - تصميم الحوائط الساندة من الخرسانة العادية والمسلحة مع حل أربعة عشر نموذجاً مع شرح واف للنظريات التى بنى عليها حل هذه النماذج .
- **الجزء الرابع** (تصدع المبانى وعلاجها) : ويشمل هذا الجزء على ثمانية أبواب وهى المواد والتصميم والتنفيذ - الشروخ فى المبانى - اختبارات الخرسانة - مواد الإضافة وخرسانة الترميم واللصق - الشروخ الإنشائية والغير إنشائية - دراسة تامة لكل عنصر وسبب الشروخ والعلاج للبلاطات والكمرات والأعمدة والأساسات السطحية والعميقة - آثار الرطوبة والطبقات العازلة [illegible] ض مياه الرشح - أعمال [illegible] والزلزال والأحمال .

- توزيع مكتبة الأنجلو المصرية ١٦٥ شارع محمد فر[illegible]
ت : ٣٩١٤٣٣٧
- توزيع مكتبة منشأة المعارف ٤٤ شارع سعد زغلول - [illegible]
ت : ٤٨٣٣٣٠٣
- طباعة دار الحرمين ٧٢ ش مصر والسودان - [illegible]
ت : ٨٢٠٣٩٢ - فاكس ٢٤٧٠٧٣٥ - القاهرة

الثمن ٤٥ جنيهاً